

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表2002-527254

(P2002-527254A)

(43)公表日 平成14年8月27日 (2002.8.27)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
B 28 B 11/00		B 01 J 19/24	A 2 G 0 5 8
B 01 J 19/24			Z 4 B 0 2 9
		35/02	Z 4 G 0 5 5
35/02		C 12 M 1/00	A 4 G 0 6 9
C 12 M 1/00		G 01 N 35/08	C 4 G 0 7 5

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 114 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2000-575618(P2000-575618)
(86) (22)出願日	平成11年10月7日(1999.10.7)
(85)翻訳文提出日	平成13年4月9日(2001.4.9)
(86)国際出願番号	PCT/US99/23324
(87)国際公開番号	WO00/21659
(87)国際公開日	平成12年4月20日(2000.4.20)
(31)優先権主張番号	60/103,701
(32)優先日	平成10年10月9日(1998.10.9)
(33)優先権主張国	米国(US)
(31)優先権主張番号	09/235,081
(32)優先日	平成11年1月21日(1999.1.21)
(33)優先権主張国	米国(US)

(71)出願人	モトローラ・インコーポレイテッド MOTOROLA INCORPORATED
	アメリカ合衆国イリノイ州シャンバーグ、 イースト・アルゴンクイン・ロード1303
(72)発明者	ジェレミー・ダブリュー・バードン アメリカ合衆国87123ニューメキシコ州ア ルバカーキ、ノース・イースト、モンテ・ ラルゴ・ドライブ1044番
(74)代理人	弁理士 青山 葵 (外3名)

最終頁に続く

## (54)【発明の名称】集積多層ミクロ流体デバイスとそれを製作する方法

## (57)【要約】

実質的な單一構造を有する多層ミクロ流体デバイスが複数のグリーンシート層と共に焼結することによって形成される。実質的な單一構造は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび入口ポートと出口ポート間の相互接続を有する。実質的な單一構造はまた電気伝導径路、ヒーター、流体センサー、流体運動トランジスタおよび光学的透過性部分のような流体との有用な相互作用を可能とする色々な構成要素を含む。構成要素は厚膜またはグリーンシート技術を使用して製造されることが好ましく、および実質的な單一構造と一体化されるようにグリーンシート層と共に焼成され、それに焼結されることが好ましい。グリーンシート層と一緒に接着するために接着剤を使用することにより多層ミクロ流体デバイスは高圧を加えることなく製造されてもよい。グリーンシート層中に存在する接着剤よりも高い温度で分解する重合体を有する接着剤を選択することにより、焼成プロセス間の界面の安定性を増進し、および界面領域内部の空隙なし焼結を増進する。

**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 一緒に焼結される複数のグリーンシート層から形成される実質的な單一体構造を有し、前記グリーンシート層はセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子から成るグループから選択される粒子を含み、

前記実質的な單一体構造はその中に画定される流体通路を有し、前記流体通路は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび前記入口ポートと前記出口ポート間の相互接続を有し、および

前記実質的な單一体構造はその中に画定される電気伝導径路を有し、前記電気伝導径路は厚膜ペーストを前記グリーンシート層の少なくとも一つに焼結することによって形成される厚膜部分を含む、

ことを特徴とする多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 2】 前記電気伝導径路の前記厚膜部分は前記グリーンシート層の一つに焼結される伝導性経跡を含み、前記伝導性経跡は前記一つのグリーンシート層の表面上に所定のパターンで前記厚膜ペーストを堆積することによって形成される、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 3】 前記電気伝導径路の前記厚膜部分は前記グリーンシート層の一つに焼結された導体充填貫通孔を含み、前記導体充填貫通孔は前記一つのグリーンシート層の貫通孔中に前記厚膜ペーストを充填することによって形成される

ことを特徴とする請求項 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 4】 前記電気伝導径路の少なくとも一部は前記流体通路の一部を加熱するヒーターを画定する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 5】 前記ヒーターは前記流体通路の前記部分の周囲に捲かれたコイルを画定する、

ことを特徴とする請求項 4 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 6】 前記電気伝導径路の少なくとも一部は熱電素子を画定する、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 7】 前記流体通路の前記部分と前記デバイスの別の部分との間の熱交換を低減する熱絶縁手段をさらに有する、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 8】 前記熱絶縁手段は前記複数のグリーンシート層によって画定される空洞を含む、  
ことを特徴とする請求項 7 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 9】 前記流体通路の前記部分への高い熱伝導径路を設ける手段をさらに有する、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 10】 前記流体通路の前記部分と熱を交換する熱交換器をさらに有し、前記熱交換器は前記複数のグリーンシート層によって画定される第二流体通路を含む、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 11】 前記流体通路に配置される不均一触媒をさらに有する、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 12】 前記不均一触媒は厚膜ペーストを前記グリーンシート層の少なくとも一つに焼結することによって形成される、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 13】 前記電気伝導径路の少なくとも一部はコンデンサを画定する、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 14】 前記コンデンサは前記流体通路の一部を含み、それによつて前記コンデンサは前記流体通路の前記部分中の流体の誘電率および容積に実質的に依存する静電容量を有する、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 15】 前記電気伝導径路は第一位置において前記流体通路と接触する第一リード、および第二位置において前記流体通路と接触する第二リードを含み、それによって前記第一と前記第二リード間の電気抵抗は前記第一位置と前記第二位置間の流体の伝導性および容積に実質的に依存する、

ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項16】 前記電気伝導径路の少なくとも一部はインダクタを画定する、

ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項17】 前記インダクタは前記流体通路の一部に近接しており、それによって前記インダクタは前記流体通路の前記部分中の流体の透磁率および容積に実質的に依存するインダクタンスを有する、

ことを特徴とする請求項16に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項18】 前記インダクタは前記流体通路の前記部分の周囲に捲かれたコイルを画定する、

ことを特徴とする請求項17に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項19】 前記電気伝導径路の少なくとも一部は温度センサーを画定する、

ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項20】 前記温度センサーは前記流体通路の一部に近接している、ことを特徴とする請求項19に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項21】 前記温度センサーは温度に実質的に依存する抵抗を有する素材を含み、それにより前記温度センサーは前記流体通路の前記部分中の流体の温度を感知する、

ことを特徴とする請求項20に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項22】 前記流体通路に配置されたpHセンサーをさらに有し、前記pHセンサーは前記電気伝導径路に接続される、

ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項23】 前記pHセンサーは前記グリーンシート層の一つに焼結された電極層および前記電極層に焼結されたガラス層を含む、

ことを特徴とする請求項22に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項24】 前記電極層は金属粒子含有厚膜ペーストから形成され、前記ガラス層はガラス粒子含有厚膜ペーストから形成される、

ことを特徴とする請求項23に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 25】 前記実質的な單一体構造は光学的透過性部分を含む、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 26】 前記光学的透過性部分は前記流体通路の一部への外部光学  
的アクセスを与える、  
ことを特徴とする請求項 25 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 27】 前記光学的透過性部分は前記複数のグリーンシート層の少  
なくとも一つから形成され、前記複数のグリーンシート層の前記少なくとも一つ  
はガラス粒子を含む、  
ことを特徴とする請求項 25 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 28】 前記光学的透過性部分は前記グリーンシート層の一つに焼  
結されたガラス充填貫通孔を含み、前記ガラス充填貫通孔は前記一つのグリーン  
シート層の貫通孔にガラス粒子を含む厚膜ペーストを充填することにより形成さ  
れる、  
ことを特徴とする請求項 25 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 29】 前記光学的透過性部分は重合体充填貫通孔を含み、前記重  
合体充填貫通孔は前記グリーンシート層の一つ中の貫通孔に光学的透過性重合体  
に重合する素材を充填することにより形成される、  
ことを特徴とする請求項 25 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 30】 前記光学的透過性部分は光ファイバーを含む、  
ことを特徴とする請求項 25 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 31】 前記光学的透過性部分は前記グリーンシート層の一つの表  
面に焼結された光学的透過性経跡を含み、前記光学的透過性経跡はガラス粒子を  
含む厚膜ペーストを、前記グリーンシート層の前記一つの前記表面上に堆積する  
ことによって形成される、  
ことを特徴とする請求項 25 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 32】 前記流体通路の一部を通して流体をポンピングする手段を  
さらに有する、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 33】 前記電気伝導径路の一部は前記流体通路の一部を通して流

体をポンピングする電気浸透ポンプを画定する、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項34】 前記電気浸透ポンプは第一位置において前記流体通路の前記部分と接触する第一電極、および第二位置において前記流体通路の前記部分と接触する第二電極を含む、

ことを特徴とする請求項33に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項35】 前記電気伝導径路の一部は前記流体通路の一部を通して流体をポンピングする電気流体力学的ポンプを画定する、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項36】 前記電気流体力学的ポンプは前記流体通路の前記部分と接触する実質的に均等間隔で配置された複数の電極を含む、  
ことを特徴とする請求項35に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項37】 前記流体通路の一部を通して流体をポンピングする圧電ポンプをさらに有し、前記圧電ポンプは前記流体通路と接触する少なくとも一つの圧電部材を含む、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項38】 前記圧電ポンプは前記流体通路と接触する一対の圧電部材を含み、前記一対の圧電部材は前記流体通路の前記部分を通して流体をポンピングする協調運動を展開する電極をその上に有する、  
ことを特徴とする請求項37に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項39】 前記協調運動は表面音波である、  
ことを特徴とする請求項38に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項40】 前記協調運動は曲げ運動である、  
ことを特徴とする請求項38に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項41】 前記協調運動は縦方向の運動である、  
ことを特徴とする請求項38に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項42】 前記電気伝導径路の一部は磁界を前記流体通路の一部に導く電磁石を画定する、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項43】 前記電磁石は前記グリーンシート層の少なくとも一つに焼結されたコアをさらに有し、前記コアは高透磁率を有する素材から構成される、ことを特徴とする請求項42に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項44】 前記電磁石は前記流体通路の前記部分の周囲に捲かれたコイルを画定する、

ことを特徴とする請求項42に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項45】 前記コイルは高透磁率を有する素材の周囲に捲かれ、前記素材は前記グリーンシート層も少なくとも一つに焼結される、ことを特徴とする請求項44に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項46】 前記流体通路は毛管停止部を含み、前記毛管停止部は低圧で流体の流れを実質的に阻止するが、高圧で流体を流れさせる、ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項47】 前記毛管停止部はチャンネルサイズの突然でかつ実質的な変化を有する、

ことを特徴とする請求項46に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項48】 前記毛管停止部は前記流体通路内部に疎水性領域を有する

ことを特徴とする請求項46に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項49】 前記疎水性領域は前記グリーンシート層の少なくとも一つに厚膜ペーストを焼結することによって形成される、

ことを特徴とする請求項48に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項50】 前記厚膜ペーストは疎水性ガラスセラミック素材の粒子を含む、

ことを特徴とする請求項49に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項51】 前記実質的な單一体構造は前記流体通路の少なくとも一部の壁を画定するガラスコーティングを含む、

ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項52】 前記ガラスコーティングは前記グリーンシート層の少なくとも一つに厚膜ペーストを焼結することにより形成され、前記厚膜ペーストはガ

ラス粒子を含む、

ことを特徴とする請求項51に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項53】 前記グリーンシート層の少なくとも一つはガラスーセラミック粒子を含み、前記ガラスコーティングは、ガラスが前記の少なくとも一つのグリーンシート層の内部から前記少なくとも一つのグリーンシート層の表面へ駆動されるように、前記の少なくとも一つのグリーンシート層を焼結することによって形成される、

ことを特徴とする請求項51に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項54】 一緒に焼結される複数のグリーンシート層から形成されるとともに、前記グリーンシート層がセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子から成るグループから選択される粒子を含む実質的な單一体構造を備え、

前記実質的な單一体構造はその中に画定される流体通路を有し、前記流体通路は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび前記入口ポートと前記出口ポート間の相互接続を有し、

前記流体通路の一部の中の流体を感知する流体センサーをさらに備え、前記流体センサーは前記実質的な單一体構造と一体化されるように前記複数のグリーンシート層の少なくとも一つに焼結される、

ことを特徴とする多層ミクロ流体デバイス。

【請求項55】 前記流体センサーは静電容量センサーを含む、  
ことを特徴とする請求項54に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項56】 前記静電容量センサーは前記流体通路の前記部分の第一の側に第一伝導性プレートと、前記流体通路の前記部分の第二の側に第二伝導性プレートとを含み、前記第一伝導性プレートは第二伝導性プレートに対して実質的に平行であり、それによって前記静電容量センサーは前記流体通路の前記部分中の流体の誘電率および容積に実質的に依存する静電容量を有する、  
ことを特徴とする請求項55に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項57】 前記流体センサーは抵抗センサーを含む、  
ことを特徴とする請求項54に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項58】 前記抵抗センサーは第一位置において前記流体通路の前記部分と接触する第一リードと、第二位置において前記流体通路の前記部分と接触する第二リードとを含み、それによって前記抵抗センサーは前記第一と前記第二リード間の電気抵抗を有し、前記抵抗は前記第一位置と前記第二位置間の流体の伝導性および容積に実質的に依存する、

ことを特徴とする請求項57に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項59】 前記流体センサーは誘導性センサーを含む、  
ことを特徴とする請求項54に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項60】 前記誘導性センサーは前記流体通路の前記部分の近傍にコイルを含み、それによって前記誘導性センサーは前記流体通路の前記部分中の流体の透磁率および容積に実質的に依存するインダクタンスを有する、  
ことを特徴とする請求項59に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項61】 前記誘導性センサーは前記流体通路の前記部分の周囲に捲かれたコイルを含む、  
ことを特徴とする請求項59に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項62】 前記流体センサーは温度センサーを含む、  
ことを特徴とする請求項54に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項63】 前記温度センサーは実質的に温度に依存する抵抗を有する素材を含み、それにより前記温度センサーは前記流体通路の前記部分の中の流体の温度を感知する、  
ことを特徴とする請求項62に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項64】 前記流体センサーは前記流体通路の前記部分に配置されたpHセンサーを含む、  
ことを特徴とする請求項54に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項65】 前記pHセンサーは前記グリーンシート層の一つに焼結された電極層および前記電極層に焼結されたガラス層を含む、  
ことを特徴とする請求項64に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項66】 前記電極層は金属粒子含有厚膜ペーストから形成され、前記ガラス層はガラス粒子含有厚膜ペーストから形成される、

ことを特徴とする請求項65に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項67】一緒に焼結される複数のグリーンシート層から形成される実質的な單一体構造を備え、前記グリーンシート層はセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子から成るグループから選択される粒子を含み、

前記実質的な單一体構造はその中に画定される流体通路を有し、前記流体通路は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび前記入口ポートと前記出口ポート間の相互接続を有し、

電気エネルギーを前記流体通路の一部の中の流体運動に変換する流体運動トランジューサをさらに備え、

前記流体運動トランジューサは前記実質的な單一体構造と一体となるように前記複数のグリーンシート層の少なくとも一つに焼結される、

ことを特徴とする多層ミクロ流体デバイス。

【請求項68】前記流体運動トランジューサは前記流体通路の前記部分に磁界を導く電磁石を含む、

ことを特徴とする請求項67に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項69】前記電磁石は高透磁率を有する素材より構成されるコアを含む、

ことを特徴とする請求項68に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項70】前記電磁石は前記流体通路の前記部分の周囲に巻かれたコイルを画定する、

ことを特徴とする請求項68に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項71】前記流体運動トランジューサは電気浸透ポンプを含む、  
ことを特徴とする請求項67に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項72】前記電気浸透ポンプは第一位置において前記流体通路の前記部分と接触する第一電極、および第二位置において前記流体通路の前記部分と接触する第二電極を含む、

ことを特徴とする請求項71に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項73】前記流体運動トランジューサは電気流体力学的ポンプを含む、

ことを特徴とする請求項6 7に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項7 4】 前記電気流体力学的ポンプは前記流体通路の前記部分と接触する実質的に均等間隔で配置された複数の電極を含む、

ことを特徴とする請求項7 3に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項7 5】 前記流体運動トランスジューサは前記流体経路と接触する圧電部材を含む、

ことを特徴とする請求項6 7に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項7 6】 前記流体運動トランスジューサは前記流体通路と接触する一対の圧電部材を含み、前記一対の圧電部材は前記流体通路の前記部分を通して流体をポンピングする協調運動を展開する電極をその上有する、

ことを特徴とする請求項7 5に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項7 7】 前記協調運動は表面音波である、  
ことを特徴とする請求項7 6に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項7 8】 前記協調運動は曲げ運動である、  
ことを特徴とする請求項7 6に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項7 9】 前記協調運動は縦方向の運動である、  
ことを特徴とする請求項7 6に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項8 0】 一緒に焼結される複数のグリーンシート層から形成される実質的な單一体構造を有し、前記グリーンシート層はセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子から成るグループから選択される粒子を含み、

前記実質的な單一体構造はその中に画定される流体通路を有し、前記流体通路は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび前記入口ポートと前記出口ポート間の相互接続を有し、

前記実質的な單一体構造は前記流体通路の一部への外部の光学的アクセスを与える光学的透過性部分を有する、

ことを特徴とする多層ミクロ流体デバイス。

【請求項8 1】 前記光学的透過性部分は前記複数のグリーンシート層の少なくとも一つから形成され、前記複数のグリーンシート層の前記の少なくとも一つはガラス粒子を含む、

ことを特徴とする請求項 8 0 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 8 2】 前記光学的透過性部分は前記グリーンシート層の一つに焼結されたガラス充填貫通孔を含み、前記ガラス充填貫通孔は前記グリーンシート層の前記一つ中の貫通孔にガラス粒子を含む厚膜ペーストを充填することにより形成される、

ことを特徴とする請求項 8 0 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 8 3】 前記光学的透過性部分は重合体充填貫通孔を含み、前記重合体充填貫通孔は前記グリーンシート層の前記一つ中の貫通孔に光学的透過性重合体に重合する素材を充填することにより形成される、

ことを特徴とする請求項 8 0 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 8 4】 前記光学的透過性部分は光ファイバーを含む、  
ことを特徴とする請求項 8 0 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 8 5】 前記光学的透過性部分は前記グリーンシート層の一つの表面に焼結された光学的透過性経跡を含み、前記光学的透過性経跡はガラス粒子を含む厚膜ペーストを前記グリーンシート層の前記一つの前記表面上に堆積することによって形成される、

ことを特徴とする請求項 8 0 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 8 6】 一緒に焼結される複数のグリーンシート層から形成される実質的な單一体構造を有し、前記グリーンシート層はセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子から成るグループから選択される粒子を含み、

前記実質的な單一体構造はその中に画定される流体通路を有し、前記流体通路は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび前記入口ポートと前記出口ポート間の相互接続を有し、前記流体通路は細胞を保持する空洞を含み、

前記実質的な單一体構造は前記空洞中に細胞溶解手段を含む、  
ことを特徴とする多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 8 7】 前記細胞溶解手段は前記空洞中に溶解化学物質を導入するチャンネルを含み、前記溶解化学物質は前記空洞中で細胞を化学的に溶解できる

ことを特徴とする請求項86に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項88】 前記細胞溶解手段は前記空洞を所定時間の間、所定温度に加熱する手段を含み、前記所定温度および所定時間は前記空洞中の細胞を溶解するのに十分である、

ことを特徴とする請求項86に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項89】 前記細胞溶解手段は前記空洞に電界を印加する一対の相対する電極を含み、前記電界は前記空洞中の細胞を溶解するのに十分である、  
ことを特徴とする請求項86に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項90】 前記細胞溶解手段は前記空洞にマイクロ波エネルギーを印加する一対の相対する電極を含み、前記マイクロ波エネルギーは前記空洞中の細胞を溶解するのに十分である、

ことを特徴とする請求項86に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項91】 複数のグリーンシート層を第一所定パターンに織り込み、前記グリーンシート層はセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子より成るグループから選択された粒子を含み、前記第一所定パターンは流体通路を画定し、

厚膜ペーストを第二所定パターンで前記グリーンシート層に塗布し、前記第二所定パターンは流体と相互作用する構成要素を画定し、

前記グリーンシート層を所定温度で所定量の時間だけ一緒に焼結して実質的な单一体構造を形成し、前記実質的な单一体構造はその中に画定される前記流体通路および流体と相互作用する構成要素を有する、

ことを特徴とする多層ミクロ流体デバイスを製作する方法。

【請求項92】 前記流体と相互作用する構成要素はヒーターを含む、  
ことを特徴とする請求項91に記載の方法。

【請求項93】 前記流体と相互作用する構成要素は熱電素子を含む、  
ことを特徴とする請求項91に記載の方法。

【請求項94】 前記流体と相互作用する構成要素は前記流体通路中に配置された不均一触媒を含む、  
ことを特徴とする請求項91に記載の方法。

【請求項95】 前記流体と相互作用する構成要素は前記流体通路中の流体を感知する静電容量センサーを含む、  
ことを特徴とする請求項91に記載の方法。

【請求項96】 前記流体と相互作用する構成要素は前記流体通路中の流体を感知する抵抗センサーを含む、  
ことを特徴とする請求項91に記載の方法。

【請求項97】 前記流体と相互作用する構成要素は前記流体通路中の流体を感知する誘導性センサーを含む、  
ことを特徴とする請求項91に記載の方法。

【請求項98】 前記流体と相互作用する構成要素は温度センサーを含む、  
ことを特徴とする請求項91に記載の方法。

【請求項99】 前記流体と相互作用する構成要素は前記流体通路中に配置されたpHセンサーを含む、  
ことを特徴とする請求項91に記載の方法。

【請求項100】 前記流体と相互作用する構成要素は電気浸透ポンプを含む、  
ことを特徴とする請求項91に記載の方法。

【請求項101】 前記流体と相互作用する構成要素は電気流体力学的ポンプを含む、  
ことを特徴とする請求項91に記載の方法。

【請求項102】 前記流体と相互作用する構成要素は圧電部材を含む、  
ことを特徴とする請求項91に記載の方法。

【請求項103】 前記流体と相互作用する構成要素は電磁石を含む、  
ことを特徴とする請求項91に記載の方法。

【請求項104】 前記厚膜ペーストは金属の粒子を含む、  
ことを特徴とする請求項91に記載の方法。

【請求項105】 前記厚膜ペーストは熱電素材の粒子を含む、  
ことを特徴とする請求項91に記載の方法。

【請求項106】 前記厚膜ペーストはフェライト素材の粒子を含む、

ことを特徴とする請求項91に記載の方法。

【請求項107】 前記厚膜ペーストは圧電素材の粒子を含む、  
ことを特徴とする請求項91に記載の方法。

【請求項108】 前記圧電素材はジルコン酸チタン酸鉛素材である、  
ことを特徴とする請求項107に記載の方法。

【請求項109】 前記グリーンシート層の少なくとも一つはガラスーセラミック粒子を含み、前記焼結ステップは、前記少なくとも一つのグリーンシート層の上にガラスコーティングを形成するために、ガラスが前記少なくとも一つのグリーンシート層の内部から表面へ駆動されるように、前記少なくとも一つのグリーンシート層を焼結するステップを含む、  
ことを特徴とする請求項91に記載の方法。

【請求項110】 一緒に焼結される複数のグリーンシート層から形成される実質的な單一体構造を備え、前記グリーンシート層はセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子から成るグループから選択される粒子を含み

前記実質的な單一体構造はその中に画定される流体通路を有し、前記流体通路は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび前記入口ポートと前記出口ポート間の相互接続を有し、

前記流体通路内部に配置された第一疎水性領域をさらに備え、前記第一疎水性領域は前記グリーンシート層の最初のものに焼結される、  
ことを特徴とする多層ミクロ流体デバイス。

【請求項111】 前記第一疎水性領域は前記グリーンシート層の前記最初のものに厚膜ペーストを焼結することにより形成される、  
ことを特徴とする請求項110に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項112】 前記厚膜ペーストは疎水性ガラスーセラミック素材の粒子を含む、  
ことを特徴とする請求項111に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項113】 前記疎水性ガラスーセラミック素材は主な結晶相として  
 $Mg_2SiO_4 - MgF_2$  を含む、

ことを特徴とする請求項112に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項114】 前記第一疎水性領域に相対する関係で前記流体通路内部に配置された第二疎水性領域をさらに有し、前記第二疎水性領域は前記グリーンシート層の二番目のものに焼結される、

ことを特徴とする請求項110に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項115】 前記厚膜ペーストは前記グリーンシート層の前記最初のものに形成された貫通孔の中に焼結される、  
ことを特徴とする請求項111に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項116】 少なくとも第一層および第二層を含み、かつ重合体接着剤を有する複数のグリーンシート層から多層構造を製造する方法であつて、

前記第一層の第一表面に接着剤を塗布し、前記接着剤は前記重合体接着剤とは異なる接着剤重合体を含み、前記接着剤重合体は前記重合体接着剤より高い温度で分解し、

多層グリーンシート構造を形成するために前記複数のグリーンシート層を積み重ね、前記接着剤は前記第一層の前記第一表面と前記第二層の前記第二表面の間に入り、

所定の焼結温度を達成するために、所定時間に亘って前記多層グリーンシート構造を焼成し、それによって前記多層構造を形成する、  
ことを特徴とする方法。

【請求項117】 前記接着剤重合体は前記重合体接着剤の半分解の温度よりも高い半分解の温度を有する、  
ことを特徴とする請求項116に記載の方法。

【請求項118】 前記接着剤重合体は前記重合体接着剤の半分解の温度よりも25から100°C高い半分解の温度を有する、  
ことを特徴とする請求項117に記載の方法。

【請求項119】 前記接着剤重合体は前記重合体接着剤の最大分解速度の温度よりも高い最大分解速度の温度を有する、  
ことを特徴とする請求項116に記載の方法。

【請求項120】 前記接着剤重合体は前記重合体接着剤の最大分解速度の

温度よりも25から100°C高い最大分解速度の温度を有する、  
ことを特徴とする請求項119に記載の方法。

【請求項121】 前記重合体接着剤は開放によって広く熱分解を受け、前記接着剤重合体はランダム切断によって広く熱分解を受ける、  
ことを特徴とする請求項116に記載の方法。

【請求項122】 前記接着剤重合体はエチレン主鎖グループを有する重合体を含む、  
ことを特徴とする請求項116に記載の方法。

【請求項123】 前記接着剤重合体はビニールアセテート-エチレンおよびエチレン-ビニールアクリル共重合体より成るグループから選択される重合体を含む、  
ことを特徴とする請求項116に記載の方法。

【請求項124】 前記重合体接着剤はアクリル重合体およびアクリル共重合体より成るグループから選択される重合体を含む、  
ことを特徴とする請求項116に記載の方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

(関連出願に対するクロス・リファレンス)

本出願は1999年1月21日出願の米国特許出願No. 09/235,081の一部継続出願であり、それはまた1998年10月9日出願の仮特許出願No. 60/103,701の恩典を請求する。

**【0002】**

(発明の背景)

**1. 発明の技術的分野**

本発明はミクロ流体デバイスの分野に関する。より詳細には本発明は、集積および單一体構造を提供するために、グリーンシート層と共に焼成されおよび焼結される構成要素を有するグリーンシートの層から形成される多層ミクロ流体デバイスに関し、またそのようなデバイスを製作する方法に関する。

**【0003】****2. 関連技術の説明**

ミクロ流体デバイスは、広範囲の化学的および生物学的応用を有する。特にミクロ流体デバイスは流体状態にある化学的および生物学的物質を混合し、反応し、測定し、分析しおよび検出するために使用できる。従来大きな、嵩高いそして複雑な装置を必要とする多くの合成と分析技術は、ミクロ流体デバイスとして小型化できる。

**【0004】**

ミクロ流体デバイスは、最も普通にはシリコン、ガラスまたはプラスチック基板から作られる。しかしながらこれらの各素材は、その有用性を制限する或る欠点を有する。チャンネルや他の色々なミクロ流体構造がシリコン中にエッティングされるだろうが、このようなエッティングプロセスはミクロ流体デバイスにとってしばしば望ましい、複雑な三次元構造や埋め込み構造を形成することが一般的にできない。シリコンはまた素材として、生物学的物質を含む多くの流体と適合性がない。一般的にこの問題はミクロ流体チャンネルに特別なコーティングを施す追加ステップによって克服される。結局シリコンは半導体であるので、電気流体

力学的ポンピングおよび電気浸透ポンピングのような或る種のポンピング技術は達成するのが困難であるか、または不可能である。全般的に、シリコンは取り扱うのに高価な基板であり、そのことはシリコンを一般的に約10ミクロンよりも小さな大きさの構造を必要としない大規模なミクロ流体デバイス生産用の用途にのみ限定する。

#### 【0005】

チャンネルは、シリコンと同様にガラス基板にもエッチングされてもよい。三次元構造や埋め込み構造は、陽極接合プロセスを使用してガラスの連続層と一緒に接合することにより作り上げられるけれども、この接合プロセスは困難でかつ非常に高価である。特に各層は順序的に追加される、すなわち一度に一つしか追加されない。その上各連続層の表面は信頼性のある接合を達成するために殆ど完全に平坦でなければならない。この厳密な平坦さは多層ガラスデバイスの製造を困難にかつ高価にし、および低生産性に帰着する。

#### 【0006】

プラスチックはまた、ミクロ流体デバイス用基板として多くの欠点を有する。第一に、殆どのタイプのプラスチック基板は約350°Cを超えて使用できず、それによってプラスチックミクロ流体デバイスが流体を加熱できる範囲を制限する。第二に、多くのプラスチック素材は、シリコンと同様に生体適合性の問題を有する。従って、生体適合性は、一般的に流体通路に特別なコーティングを加える追加ステップによって達成される。第三に、シリコンと同様に利用できる固定表面電荷の不足の故に、電気浸透ポンピングは、プラスチックミクロ流体デバイス中で達成することが困難か、または不可能である。第四に、プラスチックデバイス中に三次元構造や埋め込み構造を製造する能力は、二個より多いプラスチック層と一緒に結合することは困難であるので、制限される。

#### 【0007】

複数のグリーンシート層から、多層構造を製作することが知られている。しかしながら従来のグリーンシート積層プロセスは、一般に高温での積層を必要とする。一般的に積層プロセスは、二つのステップで生じる。第一にグリーンシートの積み重ね層は、単軸圧縮機において約1000から1500psiを受ける。次

にこの層は、70°Cのような上昇温度において約10から15分間の静水圧縮機(isostatic press)中で約3000から5000psiを受ける。

#### 【0008】

この従来の積層プロセスは多くの制限を有する。例えば静水圧縮機中で要求される比較的長時間は、大規模製造プロセスでは望ましくない。更にこのような高温度は、層に存在する内部構造の寸法を歪ませる傾向があり、および完成多層構造に含まれることが望ましいであろう或る物質およびデバイスを損傷するかも知れない。内部構造の寸法に関する制御はまた、このような高圧力が使用される時、望ましくない程に低い。問題は内部または外部の空洞またはチャンネルのような構造が多層構造中に形成されることが望ましい時、このような構造は高圧が加えられた時閉鎖する傾向があるので、特に深刻である。空洞またはチャンネルが大きくなればなる程、問題はますます深刻である。従って多層構造中に、非常に微小な内部空洞またはチャンネルすなわち約20ミクロンより小さい大きさのものを除く総てを形成することは、積層にこのような高圧が使用される時、信頼性を有するで行うことは非常に困難である。

#### 【0009】

##### (発明の概要)

第一主要態様において、本発明は共に焼結される複数のグリーンシート層から形成される実質的な單一体構造を有する多層ミクロ流体デバイスを提供し、ここでグリーンシート層はセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子より成るグループから選択された粒子を含む。実質的な單一体構造は、その中に画定される流体通路を有する。流体通路は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび入口ポートと出口ポート間の相互接続を有する。実質的な單一体構造はまたその中に画定される電気的伝導径路を有し、少なくともその一部は厚膜ペーストを少なくともグリーンシート層の一つに焼結することにより形成される。

#### 【0010】

第二主要態様において、本発明は共に焼結される複数のグリーンシート層から形成される実質的な單一体構造を有する多層ミクロ流体デバイスを提供し、ここ

でグリーンシート層はセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子より成るグループから選択された粒子を含む。実質的な單一体構造はその中に画定される流体通路を有する。流体通路は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび入口ポートと出口ポート間の相互接続を有する。流体通路の一部の流体を検出する流体センサーは、実質的な單一体構造と一体となるように少なくとも一つのグリーンシート層に焼結される。

#### 【0011】

第三主要態様において、本発明は共に焼結される複数のグリーンシート層から形成される実質的な單一体構造を有する多層ミクロ流体デバイスを提供し、ここでグリーンシート層はセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子より成るグループから選択された粒子を含む。実質的な單一体構造は、その中に画定される流体通路を有する。流体通路は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび入口ポートと出口ポート間の相互接続を有する。電気エネルギーを流体通路の一部の中の流体運動に変換する流体運動トランスジューサは、実質的な單一体構造と一体となるように少なくとも一つのグリーンシート層に焼結される。

#### 【0012】

第四主要態様において、本発明は共に焼結される複数のグリーンシート層から形成される実質的な單一体構造を有する多層ミクロ流体デバイスを提供し、ここでグリーンシート層はセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子より成るグループから選択された粒子を含む。実質的な單一体構造は、その中に画定される流体通路を有する。流体通路は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび入口ポートと出口ポート間の相互接続を有する。実質的な單一体構造はまた、流体通路の一部への外部光学的アクセスを提供する光学的透過性部分を含む。

#### 【0013】

第五主要態様において、本発明は共に焼結される複数のグリーンシート層から形成される実質的な單一体構造を有する多層ミクロ流体デバイスを提供し、ここでグリーンシート層はセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒

子より成るグループから選択された粒子を含む。実質的な單一体構造は、その中に画定される流体通路を有する。流体通路は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび入口ポートと出口ポート間の相互接続を有する。実質的な單一体構造はまた、空洞中の細胞を溶解する手段を含む。

#### 【0014】

第六主要態様において、本発明は多層ミクロ流体デバイスを製作する方法を提供する。複数のグリーンシート層が流体通路を画定する所定の第一パターンに織り込まれる。グリーンシート層は、セラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子より成るグループから選択された粒子を含む。厚膜ペーストが流体と相互作用する構成要素を画定する第二所定パターンでグリーンシート層に塗布される。次いでグリーンシート層は、実質的な單一体構造を形成するために所定の時間に亘って所定の温度で一緒に焼結される。実質的な單一体構造は、その中に画定される流体通路および流体と相互作用する構成要素を有する。

#### 【0015】

第七主要態様において、本発明は共に焼結される複数のグリーンシート層から形成される実質的な單一体構造を有する多層ミクロ流体デバイスを提供し、ここでグリーンシート層はセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子より成るグループから選択された粒子を含む。実質的な單一体構造は、その中に画定される流体通路を有する。一つのグリーンシート層に焼結されたる疎水性領域が、流体通路の内部に配置される。

#### 【0016】

第八主要態様において、本発明は複数のグリーンシート層から多層構造を製造する方法を提供する。複数のグリーンシート層は少なくとも第一層と第二層を含むとともに、重合体接着剤を有する。接着剤が、第一層の第一表面に塗布される。接着剤は、その接着剤重合体が重合体接着剤よりも高温において分解する、重合体接着剤とは異なる接着剤重合体を含む。前記の複数のグリーンシート層は、第一層の第一表面と第二層の第二表面の間にに入る接着剤で多層グリーンシート構造を形成するために積上げられる。多層グリーンシート構造は所定の焼結温度を達成するように所定の時間に亘って焼成され、それによって多層構造を形成する。

### 【0017】

本発明の多層ミクロ流体デバイスは一緒に焼結される複数のグリーンシート層から作られるので、デバイスは化学的および生物学的応用についての有用な広範囲の特性と機能を備えられるであろう。グリーンシート層の素材はデバイスに使用される流体と化学的および生物学的に適合するように選択されてもよいし、またデバイスに使用される温度の特別の範囲に適合するように選択されてもよい。

### 【0018】

更にデバイスのグリーンシート層は、総て同じ素材から作られる必要はない。この方法で、デバイスは異なる場所で熱伝導性のような異なる特性を有利にも与えられてもよい。重要な例として、グリーンシート層の一つは、デバイス中の流体通路の部分への外部光学的アクセスを行わせる光学的透過層を設けるために、ガラス粒子を含むであろう。

### 【0019】

各グリーンシート層と一緒に焼結される前に個々に処理を受けさせることにより、また複雑な構造が本発明のデバイス中に構築されてもよい。例えばデバイス中の流体通路は層が一緒に焼結される前に、各種グリーンシート層中に形成される貫通孔およびチャンネルのような構造によって画定されてもよい。従って、複数の層から製造することにより流体通路は、他では達成することが困難であろう複雑な三次元構造を有することができる。

### 【0020】

グリーンシート技術はまたデバイスに、加熱要素、冷却要素、流体センサーおよび流体運動トランジューサのような広範囲の機能構成要素の備えを与えてよい。有利なことに、これらの機能構成要素はデバイスと一体となるようにグリーンシート層と共に焼成され、および焼結されてもよい。このような一体化構成要素はデバイス中により効率的にかつ信頼性をもって組み込まれ、こうしてミクロ流体デバイスの大規模製造を促進する。

### 【0021】

厚膜技術は、このような一体化構成要素を与える一つの重要な方法である。厚膜ペーストは個々のグリーンシート層にシルクスクリーンされ、次いでデバイスと一体となるようにグリーンシート層と共に焼成され、および焼結されてもよい。厚膜は、デバイス中に電気伝導経路を与えるために金属のような伝導性素材を含むであろう。特にグリーンシート層の導体充填貫通孔と組合せたグリーンシート層の表面に堆積された伝導性経跡 (trace) の使用により、デバイス中の複雑な電気伝導経路の効率的な製造が行われる。厚膜技術はまた熱電、圧電および高透磁性素材のような他の素材もデバイス中に組み入れさせる。

#### 【0022】

グリーンシート層と一緒に結着するために接着剤を使用することにより、それらは低圧で積層でき、それによって内部構造への変形と損傷を最小化し、および空洞とチャンネルが良好な寸法裕度で形成できる。

#### 【0023】

##### (発明の詳細な説明)

本発明による多層ミクロ流体デバイスは、実質的な单一体構造を形成するために積層されて一緒に焼結されたグリーンシートの層から作られる。グリーンシートは、重合体接着剤中に分散されたガラス、ガラスーセラミック、セラミックまたはその混合物の無機粒子を含み、また可塑剤および分散剤のような添加剤を含んでもよい複合物質である。グリーンシートは、50から250ミクロン厚のシート状であることが好ましい。セラミック粒子は、一般に酸化アルミニウムや酸化ジルコニアのような金属酸化物である。ガラスーセラミック粒子を含むこのようなグリーンシートの例は、E.I. Du Pont de Nemours and Companyが販売している“AX951”である。酸化アルミニウム粒子を含むグリーンシートの例は、Ferro Corp. が販売している“Ferro Almina”である。グリーンシートの組成はまた、特定の適用に合致するように注文処方されてもよい。

#### 【0024】

グリーンシート層は一緒に積層され、次いで実質的な单一体多層構造を形成するために焼成される。セラミックグリーンシートの製造、処理および応用は、ここに参考文献として組み入れたRichard E. Mistler著 “Tape Casting : The Ba-

ic Process for Meeting the Needs of the Electronics Industry" Ceramic Bulletin 69巻6号1022-26頁(1990年)、および米国特許No. 3, 991, 029号に全般的に記述されている。

### 【0025】

代表的な多層ミクロ流体デバイス10の断面図が、図1に示されている。多層ミクロ流体デバイス10は、実質的な單一体構造を形成するために積層されて一緒に焼結されたグリーンシート層12-22から作られる。デバイス10は、第一チャンネル26と第二チャンネル28に接続された空洞24を含む。第一チャンネル26はまた第一貫通孔30に接続され、第一貫通孔30は次に第一流体ポート34を画定する第二貫通孔32に接続される。第二チャンネル28は第二流体ポート38を画定する第三貫通孔36に接続される。このように、空洞24は流体ポート34および38と流体連通状態にある。より詳細には、貫通孔32と30、第一チャンネル26、空洞24、第二チャンネル28、および貫通孔36は共に、流体ポート34および38を相互接続する流体通路を画定する。この構成において、ポート34および38は、反応用の場所を与える空洞24と共に、反応物を加え、生産品を取り出す流体入力または流体出力ポートとして使用してもよい。

### 【0026】

図1A-1Fは、積層の前に、層12-22のそれぞれの中にどの部分が上記流体通路を設けるように形成されてもよいかを示す、層12-22のそれぞれの平面図である。図1Aに示されるように、層12は貫通孔32と貫通孔36を有する。図1Bに示されるように、層14は貫通孔30を有するとともに、チャンネル28に接続された空洞24の一部を有する。図1Cに示されるように、層16はチャンネル26に接続された空洞24の一部を有する。図1Dに示されるように、層18は空洞24の一部を有する。図1Eおよび1Fに示される層20および22は、それぞれ、そのような構造を有しない。

### 【0027】

本発明の多層ミクロ流体デバイスの製造方法は、好ましくは50から250ミクロン厚であるグリーンシートの薄板を準備することで始まる。グリーンシート

の薄板は、望ましい大きさ、従来の処理では一般的に 6 インチ × 6 インチに切断される。各グリーンシート層は次いで、完成多層構造において貫通孔、チャンネルまたは空洞のような望ましい構造を形成するために、色々な技術を使用して織り込まれ(textured)てもよい。

#### 【0028】

ここで使用される用語“貫通孔”はグリーンシート層に形成された孔を指す。一般的な貫通孔は、100ミクロンから500ミクロンまでの範囲の直径を有する。貫通孔はまた次のステップにおいて、厚膜ペーストのような他の素材で充填されてもよい。

#### 【0029】

ここで使用される用語“チャンネル”はその直径よりも大きい長さを有する多層構造内部の開放領域を指す。一般的なチャンネルは、100ミクロン以下から500ミクロンまでの範囲の直径を有する。本発明のミクロ流体デバイスにおいて、チャンネルは一般的に流体物質を移送するのに使用される。“チャンネル”はまた“毛管”または“導管”と呼ばれる。

#### 【0030】

ここで使用される用語“空洞”はミクロ流体デバイスにおける孔または開放領域を指す。空洞は一般的に流体物質を収容し、混合し、反応した後は移送するために使用される。一般的には、空洞は物質の入力または出力を与えるためにチャンネルまたは貫通孔に接続され、このような場合に空洞はチャンネルまたは貫通孔の寸法よりも大きい寸法を有する。“空洞”はまた“井戸(well)”と呼ばれてもよい。

#### 【0031】

色々な技術が、グリーンシート層を織り込むために使用されてもよい。例えばグリーンシート層の一部は、貫通孔またはチャンネルを形成するために穿孔されてもよい。この操作は、Pacific Trinetics Corp. のModel APS-8718自動化穿孔装置のような従来の多層セラミック穿孔機を使用して達成されてもよい。素材の一部を穿孔する代わりに、チャンネルまたは井戸のような特徴は、所望の構造の逆像を有する型押しプレートに対してグリーンシートを押圧することによりグリ

ーンシートの表面に型押しされてもよい。織り込みはまた、Pacific Trinetics LVS-3012のようなレーザー貫通孔装置を備えたレーザー器具によって達成されてもよい。

### 【0032】

次に、広範囲の素材が、好ましくは厚膜ペーストの形で各織り込みグリーンシート層に適用されてもよい。例えば電気伝導路がグリーンシート層上に金属含有厚膜ペーストを堆積することによって与えられてもよい。厚膜ペーストは、一般的に、有機媒体中に分散された粉末の形で、金属または絶縁物の何れかであってもよい所望の素材を含む。そして、ペーストはスクリーン印刷のような所望の堆積技術のための適当な粘度を有するようにしてある。有機媒体は、樹脂、溶剤、界面活性剤および流れ制御剤を含んでもよい。厚膜ペーストはまた、焼結を促進するためにガラスフリットのような少量のフラックスを含んでもよい。厚膜技術は更に、ここに参考文献として組み入れたJ. D. Provance著 "Performance Review of Thick Film Materials," Insulation/Circuits (1997年4月) およびMorton L. Topfer著 Thick Film Microelectronics, Fabrication, Design, and Application (1977年) 41-59頁に記述されている。

### 【0033】

得られる厚膜の有孔性は、厚膜ペースト中に存在する有機媒体の量を調節することによって調節できる。特に、厚膜の有孔性は、厚膜ペースト中の有機媒体の含有率を増加することによって増加できる。同様にグリーンシート層の有孔性は、有機接着剤の比率を増加することによって増加できる。厚膜およびグリーンシート層の有孔性を増加する別の方法は、有機媒体または有機接着剤内部に有機媒体に溶性でない別の有機相を分散することである。重合体マイクロスフェアは、この目的のために有利に使用できる。

### 【0034】

電気伝導路を加えるために、厚膜ペーストは、一般的に、銀、プラチナ、パラジウム、金、銅、タンクステン、ニッケル、錫、またはその合金のような金属粒子を含む。銀ペーストが好ましい。適切な銀ペーストの例は、E.I. Du Pont de Nemours and Companyが販売する銀導体組成No. 7025および7713である。

### 【0035】

厚膜ペーストは、スクリーン印刷によってグリーンシート層に塗布されことが好ましい。スクリーン印刷プロセスにおいて、厚膜ペーストはグリーンシート層上に対応パターンで堆積されるように、パターン化シルクスクリーンを通して押し出される。一般的に、シルクスクリーンパターンは、マスクへの露光によって写真のように創られる。

### 【0036】

このように、伝導経路がグリーンシート層の表面に塗布されてもよい。また、グリーンシート層中に存在する貫通孔は、層間の電気的接続を与えるために伝導性厚膜ペーストで充填されてもよい。

### 【0037】

或る応用において、ガラスコーティングをグリーンシート層の表面に加えることも望ましい。例えばガラスコーティングは流体通路中に滑らかな壁を提供し、それによってより良い流体流れを与えるとともに汚染問題を低減する。ガラスコーティングはまた流体と、流体と反応するかそうでなければ流体に適合しないグリーンシート素材との間の障壁として役立つことができる。

### 【0038】

ガラスコーティングを追加する一つの方法は、ガラス粒子を含む厚膜ペーストをグリーンシート層の表面上にスクリーン印刷することによる。積層の後、厚膜ペーストは、グリーンシート層の表面に焼結された滑らかなガラスコーティングを形成するために、グリーンシート層と共に焼成される。

### 【0039】

ガラスコーティングを達成する別 の方法は、ガラスセラミックグリーンシート層を使用し、そしてそれを典型的よりもより活発に焼結することによる、すなわち焼結ステップの間のより早い温度上昇、より高い最終焼結温度およびより長い焼結時間を使用することによる。特にガラス相の粘度は、温度がガラス軟化点を超えて上昇すると急速に低下する。従って活発な焼結は、セラミック相とのかなりの結晶化の前に、グリーンシート層の内部からその表面へガラス相を駆動する

傾向がある。このように、ガラスコーティングはグリーンシート層の上に形成される。適当なガラスセラミックシステムは、Motorola, Inc. から販売されているT2000絶縁テープおよびここに参考文献として組み入れてある米国特許No. 5, 821, 181号に開示されているガラスセラミック組成を含む。

#### 【0040】

例えばMotorola T2000絶縁テープ用標準焼結パラメータは、約875°Cの最終焼結温度に到達するために1分間に約5°Cの割合で温度を立ち上げさせ、その温度を約30分維持することを要求する。しかしながらガラスコーティングを達成するために、温度は代わりに1分間に約7°Cの割合で立ち上げられてもよいし、あるいは最終焼結温度は約925°Cまで増加されてもよい。

#### 【0041】

勿論、流体通路用の滑らかなガラス壁を達成する別の方法は、ガラスグリーンシート層を使用することである。

#### 【0042】

他の多くの素材もまた、所望の機能性を与えるために各グリーンシート層に加えられてもよい。例えば光学的素材が、光学的窓を与えるために加えられてもよい。圧電素材もまた圧電部材を与えるために加えられてもよい。熱電素材は熱電要素を与えるために加えられてもよい。フェライトのような高透磁性素材は強電磁石用コアを与えるために加えられてもよい。グリーンシート物質は異種素材の追加を取り入れる大きな柔軟性を有する。素材が完成デバイス中に信頼性をもつて置かれることを確実にするために、グリーンシート層に加えられる素材は以下に述べるようにグリーンシート物質と共に焼成できることが好ましい。

#### 【0043】

グリーンシートの各層に所望の構造が形成された後、接着剤の層がグリーンシートの両面に塗布されることが好ましい。接着剤は、室温接着剤が好ましい。このように室温接着剤は室温未満すなわち約20°C未満のガラス遷移温度を有し、それ故それらは室温で基板と一緒に結着できる。その上、化学的变化を受け、もしくは、基板の構成要素と化学的に反応するかまたはそれらを溶解するよりも、このような室温接着剤は基板の表面に浸透することによって基板と一緒に結着す

る。時々このような室温接着剤は、“感圧接着剤”と呼ばれる。適当な室温接着剤は一般に水性乳剤として供給され、Rohm and Haas, Inc. およびAir Products, Inc. から入手できる。例えば“Flexcrylic 1653”としてAir Products, Inc. から販売される素材は、良く作用することが見出されている。

#### 【0044】

室温接着剤は、従来のコーティング技術によってグリーンシートに塗布されてもよい。コーティングを促進するために、使用されるコーティング技術、並びに出発物質の粘度および固形物の載荷に依存して、供給された感圧接着剤を水中で希釈することがしばしば望ましい。コーティングの後、室温接着剤は乾燥させられる。室温接着剤の乾燥膜厚は1から10ミクロンの範囲であることが好ましく、厚みはグリーンシートの全表面に亘って均一であるべきである。15ミクロンを超える膜厚は望ましくない。接着剤のこのような膜厚では、除去されなければならない大量の有機物質のために、空隙発生または層間剥離が焼成の間に生じ得る。乾燥された時に約0.5ミクロン未満の膜は、層間に不十分な接着性しか与えないので薄過ぎる。

#### 【0045】

従来のコーティング技術の内から、スピンドルコーティングと噴霧が好ましい方法である。もしスピンドルコーティングが使用されるならば、10グラムの“Flexcrylic 1653”毎に1グラムの脱イオン水を加えることが好ましい。もし噴霧が使用されるならば、噴霧の容易さを促進するためにより高い希釈レベルが好ましい。更に室温接着剤が噴霧される時、素材がグリーンシート上に堆積される殆どその瞬間に乾燥するように、例えば約60から70°Cの昇温状態でグリーンシートを保持しすることが好ましい。瞬間乾燥によって、接着剤のより均一かつ均質な膜が得られる。

#### 【0046】

室温接着剤がグリーンシート層に塗布された後、層は多重グリーンシート構造を形成するために一緒に積み重ねられる。各層の構造間の所望の位置合せ精度を維持するために、層は配列用金型中で積み重ねられることが好ましい。配列用金型が使用される時、配列孔が各グリーンシート層に加えられなければならない。

**【0047】**

室温接着剤が使用される時、一般的に積み重ねプロセスのみでグリーンシート層と一緒に結着するのに十分である。換言すれば、層と一緒に結着するのに僅かな圧力で十分であり、または圧力は全く必要ではない。しかしながら層のより確実な結着を果たすために、層はそれらが積み重ねられた後一緒に積層されることが好ましい。

**【0048】**

積層プロセスは、積み重ね層に圧力を加えることを含む。例えば従来の積層プロセスは、約1000から1500psiの単軸圧力が積み重ねグリーンシート層に加えられ、次いで70°Cのような昇温状態で約10から15分間約3000から5000psiの静水圧力が加えられる。従来の積層プロセスが使用される時、グリーンシート層と一緒に結着するのに接着剤は塗布される必要がない。

**【0049】**

しかしながら、内部または外部の空洞およびチャンネルのような構造の寸法について良好な管理を行うためには、2500psi未満の圧力が好ましい。更により低い圧力は、空洞およびチャンネルのような、より大きな構造の形成を行わせるためには、より望ましい。例えば、もし2500psiの積層圧力が使用されるならば、良く形成される内部の空洞およびチャンネルの大きさは、一般的に大体20ミクロン以下の大きさに制限される。従って、1000psi未満の圧力は、このような圧力が一般に約100ミクロンよりも大きなサイズを有する構造を寸法管理の或る尺度でもって形成可能にするので、より好ましい。300psi未満の圧力は、このような圧力が一般に約250ミクロンよりも大きなサイズを有する構造を寸法管理の或る度合いでもって形成可能にするので、更により好ましい。ここで“殆どゼロ圧力”と呼ぶ100psi未満の圧力は、このような圧力においては多層構造内に形成できる内部および外部の空洞およびチャンネルの大きさに僅かな制限しか存在しないので、最も好ましい。

**【0050】**

圧力は、単軸圧縮機によって積層プロセスで加えられることが好ましい。あるいは、約100psi未満の圧力は手で加えられてもよい。

### 【0051】

半導体デバイス製造に関して、多くのデバイスが各薄板上に存在してもよい。従って積層後、多層構造は、個々のデバイスを分離するために従来のグリーンシートダイシングまたは鋸引き装置を使用して細切れにされてもよい。室温接着剤によって与えられる高レベルの剥ぎ取りおよび剪断抵抗は、ダイシングプロセスの間、エッジの層間剥離の発生を非常に小さく抑える結果となる。もし或る層がダイシングの後エッジの周囲で分離されるならば、層は、デバイスの残りの部分に悪影響を及ぼすことなく、剥離されたエッジに手で圧力を加えることにより容易に再積層されてもよい。

### 【0052】

最終処理ステップは、その“グリーン”状態から完成した実質的な单一体多層構造に積層多層グリーンシート構造を変換するために、焼成することである。焼成プロセスは、温度が上昇するにつれて二つの重要な段階で生じる。第一重要段階は、約250から500°Cの温度範囲で生じる接着剤の焼却段階である。その間に、グリーンシート層中の接着剤や塗布された厚膜ペースト中の構成要素のような他の有機素材が構造から除去される。

### 【0053】

より高温で生じる次の重要な段階である焼結段階では、多層構造が緻密にされそして実質的な单一体となるように、無機粒子が一緒に焼結する。使用される焼結温度はグリーンシート中に存在する無機粒子の性質による。多くのタイプのセラミックについて、適当な焼結温度は素材に依存して約950から約1600°Cに亘る範囲である。例えば酸化アルミニウムを含むグリーンシートについて、約1400から1600°C間の焼結温が一般的である。窒化シリコン、窒化アルミニウムおよび炭化シリコンのような他のセラミック素材は、より高い焼結温度、すなわち1700から2200°Cを必要とする。ガラスセラミック粒子を含むグリーンシートについては、750から950°Cの範囲の焼結温度が一般的である。ガラス粒子は、一般に、ほんの約350から700°Cの範囲の焼結温度を要求する。最後に、金属粒子は、金属に応じて550から1700°Cのどこにおける焼結温度でも要求してもよい。

### 【0054】

一般的にデバイスは、使用される金属に依存して約4時間から約12時間またはそれ以上の期間に亘って焼成される。一般に焼成は、構造から有機素材を除去し、かつ、無機粒子を完全に焼結するように十分な継続時間でなければならない。特に重合体は、グリーンシート中および室温接着剤中に、接着剤として存在する。焼成はこれらの重合体を分解して多層構造からそれらを除去させるように、十分な温度と継続時間でなければならない。

### 【0055】

一般的に多層構造は、焼成プロセスの間の容積低減を受ける。接着剤の焼却相の間、約0.5から1.5%の小さな容量低減が通常は観察される。焼成段階の間のより高い温度において約14から17%の更なる容積低減が一般に観察される。

### 【0056】

上記のように、グリーンシート層に加えられる如何なる異種素材もそれらと共に焼成されることが好ましい。このような異種素材は、厚膜ペーストとしてまたは他のグリーンシート層として加えられてもよい。共に焼成する恩典は、加えられる素材がグリーンシート層に焼結され、実質的な單一体ミクロ流体デバイスと一体化するということである。しかしながら共に焼成できるために、加えられる素材はグリーンシート層の焼結温度および焼成による容積変化と整合するそれらのものを有すべきである。焼結温度は大きく素材に依存し、それ故整合焼結温度は単純に素材の適切な選択を要求する。例えば銀は電気的伝導経路を提供するのに好ましい金属ではあるが、もしグリーンシート層が1400から1600°Cの範囲の焼結温度を必要とするアルミナ粒子を含むと、銀の比較的低融点(961°C)の故に白金のようなその他の金属が使用されなければならない。

### 【0057】

一方焼成による容積変化は、制御できる。特にグリーンシートおよび厚膜ペーストのような二つの素材の容積変化を整合させるために、(1) 粒子の大きさ、および(2) 焼成プロセスの間に除去される接着剤のような有機構成要素の割合を整合させるべきである。更に、容積変化は正確に整合される必要はないが、如

何なる不整合も一般的にデバイス中の内部ストレスとなるかもしれない。しかしこれの相対する側に同等な素材または構造を置く対称的処理は、ある程度まで収縮不整合素材について補償できる。

#### 【0058】

焼結温度または容積変化の何れかにおける余りにも大きな不整合は、デバイスの一部または全部の欠陥または失敗に帰することになる。例えばデバイスはその個々の層に分離するかもしれないし、またはそれは反り返りまたは歪みを生じるかもしれない。

図2は、本発明による多層ミクロ流体デバイスを形成するために使用されてもよい一般的な層の断面を略図的に図示して前記ステップを要約する。第一グリーンシート層50が、次の処理のために適当な大きさで提供される。室温接着剤層52が、グリーンシート50の一つの表面に塗布される。第一グリーンシート層50は、次いで内部チャンネル56と内部空洞58をもって既にパターン化されている第二グリーンシート層54と積み重ねられる。これらの層は次いで、完全な多層グリーンシート構造68を形成するために、室温接着剤64と66の関連層と共に二つの更なるグリーンシート層60および62と積み重ねられる。多層グリーンシート構造68は次いで上記のように積層され、そして最終の実質的な單一体構造70を形成するために焼成される。

#### 【0059】

積層のための、殆どゼロ圧力すなわち100psi未満の圧力の使用は、それが内部構造の完全性を維持させ、グリーンシート層54内に形成された内部チャンネル56と内部空洞58を最終の実質的な單一体構造70中にそれぞれ内部チャンネル72と内部空洞74として残らせるので、好ましい。しかしながら、従来の高圧積層プロセスを含めて他の積層プロセスもまた、内部構造の寸法についての少ない制御にも拘わらず、使用できる。

#### 【0060】

最終の実質的な單一体構造70の大きさは、焼成の間に生じる容量低減を反映して多層グリーンシート構造68の大きさよりも図2に小さく示されている。

#### 【0061】

本発明によれば、最終多層構造の総ての層が、殆どゼロ圧力で積層される必要はない。例えば、高圧で損傷または変形されるであろう構造または素材を含まない層は従来通りに積層されてもよいし、その結果得られる構造は次いで殆どゼロ圧力積層技術を使用して他のグリーンシート層に積層されてもよい。

#### 【0062】

このようなプロセスの例が、図3に略図的に示されている。従来の積層プロセスを使用して形成される構造80、殆どゼロ圧力の積層プロセスを使用して形成される構造81、および従来の積層プロセスを使用して形成される構造82は、総て一緒に積層される。構造80は層83、84および85からなり、ここで層85は貫通孔86を含む。構造80は、外部貫通孔を保存させるなどのような従来の積層プロセスからも形成されてもよい。構造81は層87および88からなり、本発明の殆どゼロ圧力積層方法を使用して形成された。層87もまた貫通孔89、90および91、並びにチャンネル92を含む。構造82は層93-96からなり、従来の高圧積層プロセスを使用して形成された。多層構造97を形成するために、構造80、81および82が次いで、本発明の殆どゼロ圧力積層プロセスを使用して、すなわち、構造80と81を結着するために室温接着剤の層（図示せず）を塗布するとともに、構造81と82を結着するために別の室温接着剤の層（図示せず）を塗布することにより、一緒に積層される。

#### 【0063】

接着剤中の重合体の適正な選択が所望の殆どゼロ圧力積層プロセスを促進することが見出された。特に、もし接着剤に使用される重合体がグリーンシート層に存在する重合体結着剤よりも高温で分解するならば、その時は、接着剤層は焼成プロセス時の界面の安定性を増進するであろうし、結着剤焼却の完了後グリーンシート層の有機粒子間のより短い界面距離を増進するであろう。低減された粒子間距離は、多層構造のテープ界面領域内部の空隙なしの焼結を促進する。

#### 【0064】

接着剤中の重合体は、グリーンシート層中の重合体結着剤のそれよりも約25から100°C高い熱分解開始と主要な分解プロフィールを有するべきである。このことは、重合体結着剤と異なる接着剤重合体を使用することによって達成され

てもよい。より詳細には、熱分解プロフィールの所望の相違を達成するための一つの方法は、開放(unzipping)によるよりもむしろランダム切断(random scission)による熱分解を受ける接着剤重合体を選択することである、ということが見出された。“鎖解重合”または“逆成長”とも呼ばれる開放プロセスは、鎖端部または弱連結からのモノマー単位の連続的な解放である。“ランダム分解”とも呼ばれるランダム切断プロセスは、鎖に沿うランダムな点における鎖破断によって生じる。

#### 【0065】

ランダム切断を受ける重合体は、一般に、解放によって分解する重合体の熱分解プロフィールに対して伸長された熱分解プロフィールを有する。しばしば半分解の温度、すなわち一定割合の温度上昇での熱分解の間の重量損失がその最終値の50%に到達する温度、および最大分解速度の温度は共に、開放を受ける重合体に比較してランダム切断を受ける重合体について約25から100°C高い。その上、多くの種類のグリーンシートの重合体結着剤はアクリル重合体、アクリル共重合体、またはアクリル重合体と共重合体の混合物が多く、その総ては開放によって分解する。従って、ランダム切断重合体を有する接着剤の選択は、焼成プロセスの間、界面の接合を大いに強化する傾向がある。このようなランダム切断重合体は、ビニールアセテートエチレンまたはエチレンビニールアクリル共重合体のようなエチレン主鎖グループを有する重合体および共重合体を含む。

#### 【0066】

図4は、熱重量的に測定され（曲線は“TGA”と呼ばれる）および差分走査熱量(differential scanning calorimetry)（曲線は“DSC”と呼ばれる）によって、ランダム切断を受けたエチレンビニールアクリル共重合体（“PSAビニールアクリル共重合体”と呼ばれる）の熱分解を、開放を受けたグリーンシート中に使用されるアクリル結着剤（“B60aアクリル結着剤”と呼ばれる）と比較する。図4から明らかなように、約350から400°Cの温度範囲においてアクリル結着剤は急速な分解と除去を受けるのに対し、室温接着剤重合体は遙かに緩やかに分解する。実際、375°Cにおけるこの例において、アクリル結着剤の10%未満が残るのに対し、接着剤重合体の60%を超えるものが残る。従って、この温

度範囲において、室温接着剤は層間の強い接合を維持する一方、グリーンシート層内部の接着剤は焼き扱われる。

#### 【0067】

有用な多層ミクロ流体デバイスは、通常、流体通路に加えて流体と相互作用を可能にする構成要素を含む。このような構成要素は、三つの広いクラスに分類される。すなわち（1）流体に対する物理的、化学的または生物学的変化を促進する構成要素、（2）流体の色々な特性を感知させる構成要素、および（3）流体の運動を制御する構成要素である。

#### 【0068】

これらの構成要素分類の各々は、それらがグリーンシート層から形成された多層ミクロ流体デバイスにおいてどのように実現されるであろうかを含めて、次に議論されるであろう。構成要素の各タイプについて、効率的なかつ費用効果的に大量生産を促進するために、上記処理ステップの一部としてそれが製造されることが好ましい。またそのような構成要素が、完成デバイスの実質的な單一体構造の一部を形成するように、グリーンシート層と共に焼成されてそれに焼結されることが好ましい。

#### 【0069】

流体に対して物理的および化学的変化を起こす構成要素は、流体の温度を変化させる構成要素と流体中で化学的反応を引き起こす構成要素を含む。流体の温度を変化させる最も簡単な構成要素は、ヒーターである。

#### 【0070】

平面ヒーター102を含む本発明による多層ミクロ流体デバイス100が、図5に示されている。多層ミクロ流体デバイス100は、層104-114から作られる。空洞116は、層132の中に形成される。空洞116は層104、106、108にそれぞれ形成される貫通孔118、120、122によって外部と流体連通する。空洞116はまた、層104、106、108にそれぞれ形成された貫通孔124、126、128によって外部と流体連通する。図5の断面図および図5Aの平面図に示されるように、ヒーター102は、層114の表面上に堆積された伝導性素材の蛇行性の経路によって形成されるとともに、端子1

30, 132を有する。貫通孔134-142はそれぞれ層104-112に形成され、端子130とデバイス100の外部との間の電気伝導径路を提供するために伝導性素材で充填される。同様に貫通孔144-152がそれぞれ層104-112に形成され、端子132とデバイス100の外部との間の電気伝導径路を提供するために伝導性素材で充填される。外部構成要素(図示せず)は、貫通孔134と144とによって電気的に接触可能である。この構成において、電流がヒーター102に印加され、その結果、それが空洞116中の流体を加熱するために使用されてもよい。ヒーター102は、図5に示すように、層112によって空洞116から分離されていることが好ましいけれども、ヒーター102はまた空洞116中の流体と直接接觸するように層112の上面に配置されてもよい。

### 【0071】

多層ミクロ流体デバイス中に組み込まれるヒーターはまた、垂直または水平向きの何れかのコイルの形状であってもよい。空洞204の周囲に捲かれた垂直コイルを有する多層ミクロ流体デバイス200の一部が、図6に示される。デバイス200は層206-216からなる。図6および絶縁状態のコイル202の斜視図を示す図6Aを参照すると、コイル202は、それぞれ層206-216上に堆積された伝導性素材の経跡であり、それぞれ層208-216中の5個の導体充填貫通孔230-238によって一緒に結合された6個の水平巻線を含む。

### 【0072】

チャンネル254の周囲に捲かれた水平コイル252を有する多層ミクロ流体デバイス250の一部が、図7に示される。デバイス250は、層256-264からなる。図7および絶縁状態のコイル252の斜視図を示す図7Aを参照すると、コイル252は6個の垂直要素268-278を含み、その各々はそれぞれ層258-262中に形成された積み重ね導体充填貫通孔を有する。垂直要素268-278は、下側要素266-270からオフセットしている角度で配置された3個の下部水平要素280-284と3個の上部水平要素286-290によって相互接続される。下部要素280-284は層256上に堆積した伝導性素材の経跡であり、上部要素286-290は層262上に堆積した伝導性素

材の経跡である。電流は垂直要素 268 に接続されたリード 292、および水平要素 290 に接続されたリード 294 によってコイル 252 に導かれる。リード 292 と 294 は、層 262 上に堆積された伝導性物質の経跡である。

### 【0073】

ヒーターがヒーター 102 のように平面であるか、コイル 202 と 252 のようにコイル状であるかのいずれにせよ、ヒーターとして要素が効率的に動作するよう、それはそれに繋がる電気伝導径路のそれよりも遙かに高い抵抗を有すべきである。ヒーターを構成する導体は直径約 5 ミルから 8 ミルであることが好ましく、一方ヒーターに繋がる導体は約 20 から 30 ミル幅であることが好ましい。

### 【0074】

流体温度のより柔軟な制御は、追加構成要素を使用することによって達成される。例えば空洞 304 の周囲に捲かれた垂直ヒーターコイル 302 および熱電冷却要素 306 を含む、本発明による多層ミクロ流体デバイス 300 の一部が、図 8 に示されている。熱電冷却要素 306 は、空洞 304 近傍の層の一つに焼結された熱電要素 308、層上に堆積された伝導性経跡からなる一対のリード 310、312、および導体充填貫通孔を含む。

### 【0075】

ヒーター 302 と冷却要素 306 の両方の備えにより、空洞 304 中の流体の温度についての遙かにより良い制御ができる。例えば空洞 304 中の流体の加熱および冷却の両方の能力により、異なる温度を要求する異なる処理ステップが、空洞 304 内で生じることができる。特に、熱電冷却要素 306 は、ヒーター 302 がオフされた後空洞 304 をより急速に冷却するために使用できる。別の例として、ヒーター 302 と冷却要素 306 は、空洞 304 の温度を固定レベルに動的に維持するために温度測定装置（図示せず）と共に一緒に使用できる。

### 【0076】

図 9 は好ましい熱電要素の構造をより詳細に示す。多層ミクロ流体デバイス 320 は、グリーンシート層 322-340 からなる。一対の空洞 342 と 344 が、層 324 に形成される。一対の熱分散器 346 と 348 が、空洞 324 と 3

44の底部表面を形成するように、層326の上部表面上にスクリーン印刷された銀で作られる。同様に一対の熱分散器350と352が、層338上にスクリーン印刷された銀で作られる。一対の熱電要素354と356は、層328-336中に形成され、かつ、熱電素材で充填された一連の相互接続された貫通孔からなる。電流がそれらに通される時、熱電要素354と356は熱を熱分散器350と352から熱分散器346と348へ移送し、それによって空洞342と344を冷却する。

#### 【0077】

熱電素材は、nタイプである燐かpタイプである硼素の何れかでドープされた $\text{Si}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}$ であることが好ましい。この素材は、還元雰囲気中で850°Cでグリーンシート層と共に焼成されてもよい。

#### 【0078】

図9Aは、貫通孔が熱電要素356中で如何に好ましく相互接続されるかを示す。4セットの積み重ね貫通孔358-364がnタイプ熱電素材で充填され、別の4セットの積み重ね貫通孔366-372がpタイプ熱電素材で充填される。nタイプ貫通孔358-364とpタイプ貫通孔は、図9Aに示すように、層328と336上でスクリーン印刷された伝導性経跡によって直列に相互接続される。

#### 【0079】

熱電要素380はまた図10に示すように平面構成で製造できる。この構成において、nタイプ熱電素材は4個のnタイプ経跡381-384を画定するためにグリーンシート層上にスクリーン印刷され、pタイプ熱電素材は4個の経跡385-388を画定するためにグリーンシート層上にスクリーン印刷される。nタイプ経跡381-384およびpタイプ経跡385-388は、熱源389から放熱器390へ伸長する。nタイプ経跡381-384およびpタイプ経跡385-388は図10に示すよう直列に接続され、それ故電源391から電圧が印加された時、熱電要素380は熱源389から放熱器390へ熱を移送する。

#### 【0080】

熱電要素は一般的に冷却に使用されるけれども、それらはまた逆極性で加熱に

使用できる。例えば熱電要素308とヒーターコイル302は、空洞304を加熱するために一緒に使用できる。このことは、しばしばより均一な加熱につながる。

### 【0081】

本発明による多層ミクロ流体デバイス400の一部を示す図11は、熱絶縁の重要な概念を示す。特に、デバイスの異なる部分において同時にまたは殆ど同時に生じる異なるプロセスは、異なる温度を要求してもよい。従って、異なる温度が維持できるように、デバイスの異なる部分間の熱絶縁を提供することがしばしば望ましい。デバイス400において、垂直ヒーターコイル402が空洞404の周囲に捲かれ、内部空洞406は空洞404の下の層に形成される。入口または出口が何もないことが好ましい空洞406は、残りのデバイスと比較して低熱伝導性の故に熱絶縁を提供するために空に保たれる。空の空洞に加えて、グリーンシート層への低熱伝導性の層の追加により、または低熱伝導性素材の追加により、熱絶縁が与えられ得る。

### 【0082】

本発明による多層ミクロ流体デバイス410の一部を示す図12は、温度制御へのさらに別の方法を図示する。デバイス410は、空洞414の周囲に捲かれた垂直ヒーターコイル412、および空洞414の下の層の中に形成された一連の熱的貫通孔416を含む。熱的貫通孔416は、グリーンシート層に焼結された、伝導性経路を与えるために使用されるペーストのような高熱伝導性素材で充填された積み重ね貫通孔からなることが好ましい。熱的貫通孔416は空洞414中の流体との熱交換を促進する放熱器として働く。熱的貫通孔416は電気ヒーター、熱電冷却要素、冷却フィン、または熱交換器のような外部加熱または冷却要素と熱的に結合するために、デバイス410の外面に延びていてもよい。熱的貫通孔416はまた、電気ヒーターおよび熱電冷却要素のような内部構成要素への熱的径路を提供してもよい。

### 【0083】

図13に本発明による多層ミクロ流体デバイス420の一部が示されている。デバイス420は、空洞424の周囲に捲かれた垂直ヒーターコイル424と熱

交換器 426 を含む。熱交換器 426 は、その中を流体流が導かれる一連のチャンネルおよび貫通孔のような流体径路を有する。熱交換器 426 の少なくとも一部は、良好な熱接触のために空洞 424 の近傍にある。熱的貫通孔（図 13 に示さず）が、改良された熱交換のために熱交換器 426 と空洞 424 の間に加えられてもよい。この方法で、熱交換器 426 を通る流体の流れは空洞 424 内の流体に熱を加えるか、そこから熱を除去するかの何れかに役立つことができ、それによって流体の温度を上昇または低下させる。

#### 【0084】

流体中の化学的变化を起こすこともまた、多くの多層ミクロ流体デバイスにおいて重要である。多くの場合、デバイス中の複数の流体通路は、化学的反応のために複数の流体と一緒に導くことになる。あるいは、流体は反応チャンバーとして機能する空洞へ連続的に加えられてもよい。

#### 【0085】

多くの化学的反応はまた、不均一触媒によって促進できる。このような不均一触媒は、最も普通にはプラチナ、パラジウムおよびロジウムのような金属である。触媒は、肉厚充填技術によって多層ミクロ流体デバイスに加えられてもよい。この方法において、結着剤中に分散された金属（非有機相）の粒子を含む厚膜ペーストは、積層の前に、完成デバイス中の空洞またはチャンネルに対応する位置でグリーンシートの表面に塗布される。焼成ステップの間、漏洩物質（fugitive material）は厚膜から追い出され、これもまたグリーンシートの物質に焼結される厚膜金属を後に残す。

#### 【0086】

本発明による多層ミクロ流体デバイス 430 の一部が、図 14 に示される。デバイス 430 は、層 432-444 を含む。空洞 446 が、層 436-442 の中に形成される。空洞 446 は、層 436 に形成された第一チャンネル 448 と、層 438 に形成された第二チャンネル 450 に接続される。厚膜不均一触媒 452 が、空洞 446 内部の層 444 に焼結される。デバイス 430 において、空洞 446 は反応チャンネルとして役立つ。一個または複数の反応物質は、チャンネル 448 および 450 の一つまたは両方から空洞 446 へ流れる。所望の化学

的反応が触媒452によって誘起され、反応産物はチャンネル448および450の一つまたは両方を通って空洞446から流出する。

#### 【0087】

或る反応は、電気化学的触媒によって促進されてもよい。このような適用において、デバイス430は、電圧を触媒452に印加するために触媒452へ伸長する電気的リード（図示せず）をもって製造されてもよい。電気的リード（図示せず）は、層432-444中の一連のスクリーン印刷導体経跡および導体充填貫通孔（図示せず）からなってもよい。

#### 【0088】

触媒452は、化学的反応用に広い表面積を提供するために高度に多孔性であることが好ましい。有利なことに、触媒452の有孔性は、塗布される厚膜ペーストの組成を調節することによって制御できる。代表的な厚膜ペーストにおいて、無機相は約70-90重量%であり、このことは焼結後の稠密厚膜に帰着する。しかしながら、より多孔質の厚膜が、無機相を約40-60重量%に低減することにより達成できる。

#### 【0089】

触媒452の有孔性についての追加的制御が、サブミクロン重合体マイクロスフェア（好ましくはポリスチレンまたはアクリル）を厚膜ペーストへ加えることにより達成できる。重合体マイクロスフェアの素材は接着剤中で溶解すべきではなく、好ましくはポリスチレンまたはアクリルの何れかである。厚膜ペーストが堆積された時、重合体マイクロスフェアは、焼結された厚膜中に究極的に存在する細孔を画定するために、厚膜を通して分散される。焼結プロセスの間、重合体マイクロスフェアは分解し、焼結された厚膜内部に制御されたサブミクロン細孔を後に残す。

#### 【0090】

流体中に生物学的变化を引き起こすこともまた、本発明の或る多層ミクロ流体デバイスにおいて重要である。これらの最も重要なものの一つは、細胞溶解のプロセスである。このプロセスにおいて、対象流体中に存在する細胞の壁は細胞内容物、特にDNAを放出するために破壊される。放出されたDNAは次いで分析用に十

分に大きい標本を提供するために、PCRまたはLCRのような手段で増幅されてもよい。細胞溶解は、化学的手段、熱的手段、強電界の印加、またはマイクロ波エネルギーの印加によって、本発明の多層ミクロ流体デバイスで達成されてもよい。本発明において、細胞溶解は強電界またはマイクロ波エネルギーの印加の何れかによって達成されるのが好ましい。マイクロ波の方法が、最も好ましい。

#### 【0091】

化学的細胞溶解は、図1に示されるデバイス10の空洞24のような空洞中に細胞を含む流体を保持することにより、多層ミクロ流体デバイスで達成されてもよい。細胞溶解に必要とされる化学薬品が、次いでチャンネル26を通して空洞24に導入されてもよい。細胞溶解に使用される化学薬品は、細胞壁を消化する酵素、およびドデシル硫酸ナトリウム、ラウリル硫酸ナトリウム、サルコシンおよびトリトンX-100のような洗浄剤を含む。

#### 【0092】

熱的細胞溶解は、単に、細胞を含む流体を十分な時間に亘って十分な温度に加熱することを要求するだけである。例えば、細胞を94°Cで2分間加熱することが、一般的である。図22に示されるデバイス700は、本発明の多層ミクロ流体デバイスで熱的細胞溶解を達成するのに適している。細胞を含む流体は空洞720に収容され、ヒーター722は、熱的センサー724で測定しながら、所望の時間に亘って温度を維持するために必要な熱を加える。

#### 【0093】

強電界を細胞を含む流体に印加することもまた、細胞溶解に使用されてもよい。電界は、約1kV/cmから10kV/cmの範囲のDC電界であることが好ましい。細胞溶解に電界を使用するこのについての更なる情報は、ここに参考文献として組み入れたS. W. Lee他著 “A Micro Cell Lysis Device,” Proceedings of IEEE MENS ’98, 443-447頁（1998年）に見出される。

#### 【0094】

本発明の方法を使用するために、細胞を含む流体は、好ましくは空洞の両側に配置された平行プレートによって電界が印加される空洞に収容される。一つの例が、図19に示されるデバイス570である。細胞を含む流体は空洞572内に

置かれ、そして電界がプレート574と576によって印加されてもよい。

### 【0095】

最も好ましい方法は、マイクロ波エネルギーの印加による細胞溶解の実施である。マイクロ波細胞溶解に使用できる多層ミクロ流体デバイス460の一部が、図15に示されている。デバイス460は、その中に細胞を含む流体が置かれる空洞462を含む。間隔を置いて配置された一対の平行プレート電極464と466が、空洞462の相対する壁に設けられている。電極464と466は、金属含有厚膜ペーストをグリーンシート層に焼結することによって形成されることが好ましい。電極464と466は、マイクロ波エネルギーを空洞462に与える電気回路468の一部である。電気回路は、マグネットロンまたは高調波出力を有するRF源のようなマイクロ波源470、流れ作動RFスイッチ472、RFパワー増幅器474および抵抗のようなマイクロ波負荷476を含む。回路468は外部構成要素からなってもよいが、回路468の構成要素はデバイス460と一緒に作られるのがより好ましい。

### 【0096】

流体センサーは、多層ミクロ流体デバイスにおいて別のクラスの重要な構成要素である。流体センサーにより、そのレベル、流量、温度、pHおよび光学的特性を制限なしに含む流体の色々な特性を観察できる。

### 【0097】

このような流体センサーの一つが、静電容量センサーである。本発明による多層ミクロ流体デバイス500の一部が、図16に示されている。デバイス500は層502と512からなり、層506中に形成された流体が流されるチャンネル516を含む。チャンネル516は、流体入口518と流体出口520に接続されている。入口518と出口520はそれぞれ、層502と504に形成された積み重ね貫通孔によって画定される。間隔を置いて配置された一対の平行コンデンサプレート522と524が、チャンネル516の壁に配置される。プレート522と524はそれぞれ、グリーンシート層504と508の対応表面上に金属含有ペーストをスクリーン印刷することによって形成されるのが好ましい。プレート522と524は次いで、プレート522と524中の金属をグリーン

シート層504と508中の物質にそれぞれ焼結するために、グリーンシート層502-512の層が一緒に積み重ねられて積層された後、これらの層と共に焼成される。この方法で、プレート522と524はデバイス500の一体の部分となる。伝導性リード526と528は、外部構成要素への電気的接続をさせるために、それぞれプレート522と524から層502の上面、すなわちデバイス500の外部への電気伝導径路を提供する。伝導性リードは、層502-510の表面上の一連の伝導性経路、およびその中の導体充填貫通孔によって画定される。

#### 【0098】

コンデンサプレート522と524は、静電容量の変化を感じることによりチャンネル516中の流体の有無を検出することができる静電容量センサーを画定する。特に、空気の誘電率は单一であるのに対し、多くの流体の誘電率は遙かに高い。例えば水溶液は、87の範囲の誘電率を有する。従って、チャンネル516への流体の導入は、コンデンサプレート522と524間の静電容量の増加で検出できる。同様に流体の総てがチャンネル516から流出した時、静電容量はその最初の点に減少することになる。リード526と528に電気的に接続された外部構成要素（図示せず）は、この静電容量を測定するために使用できる。外部構成要素（図示せず）はまた、流量と関連してチャンネル516を通して流れれた流体の全量を決定するために、時間に亘る静電容量測定を組み込むことができる。

#### 【0099】

図16に示される実施例において、静電容量センサーの金属プレート522と524は、チャンネル中の流体と直接接触することになる。しかしながら、或る流体は金属と化学的反応するであろうから、この直接接触はしばしば望ましくない。更に金属は、生物学的物質を含む多くの流体と適合しないであろう。

#### 【0100】

化学的反応性と生物学的適合性の限界を回避するために、静電容量センサーの金属プレートが、一つ以上の層によってチャンネルから隔てられてもよい。この方法が、図17に示されている。多層ミクロ流体デバイス530は、コンデンサ

プレート534と536がチャンネル532から一層でそれぞれ隔てられている点を除いて、デバイス500と同様である。

### 【0101】

静電容量センサーは、流体の井戸として役立つ空洞中におけるような流体レベルを測定するために使用できる。層542-552からなるミクロ流体デバイス540の一部が、図18に示されている。井戸554は、層546と548中に形成される。コンデンサプレート556と558は、井戸554の壁の両側に近接している。プレート556と558は井戸554の壁の一部を形成するか、またはそれらは井戸554中の流体と直接接触しないように井戸554の壁から離れて配置されてもよい。導体リード560と562は外部構成要素（図示せず）への接続用に、それぞれプレート556と558からデバイス540の外部への電気伝導経路を提供する。コンデンサプレート556と558はそれぞれ、位置合わせにおいて一緒に積み重ねられる層546と548中に導体充填貫通孔を有することが好ましい。各層546と548の各コンデンサプレート556と558の部分は、井戸554の近接壁に平行でかつ実質的にその長さに沿って走る、一緒に接続された一列の貫通孔を有することが好ましい。この方法で、コンデンサプレート556と558は、井戸554の近接する壁の面積と実質的に同じ面積をそれぞれ有する。代わりの構造として、井戸554よりも大きい面積がグリーンシート546と548から打ち出され、次いで伝導性ペーストで充填されてもよい。導体充填領域は次いで、コンデンサプレート556と558を画定するために導電性素材を両側に残した状態で井戸554を画定するように打ち出されてもよい。

### 【0102】

井戸554は、流体を或るレベルで含むことを意図される。井戸554中の流体のレベルは、プレート556と558間の静電容量を測定することによって感知できる。測定される静電容量が高いほど、流体レベルが高くなる。

### 【0103】

代わりの設計が図19に示されている。多層ミクロ流体デバイス570は、井戸572と井戸572の上部および底部近傍にそれぞれ配置されたコンデンサプ

レート574と576を含む。プレート574と576は、井戸572の上部と底部の壁の一部を構成してもよいし、またはそれらは井戸554内の流体と直接接触しないように一つ以上の層によるなどして隔てられてもよい。

#### 【0104】

イオン性溶液のような多くの流体は伝導性であり、それ故チャンネルおよび井戸の中のそれらの有無が抵抗センサーによって検出できる。このような抵抗センサーは、チャンネルまたは空洞内に伸長する一対の導体を備え、それにより導電性流体がそれらの間に電気回路を完成させることができる。

#### 【0105】

層602-612からなるミクロ流体デバイス600の一部が、図20に示される。井戸613が、層606と608に形成される。導体614と616が層610の表面に堆積され、その各々は井戸613中の如何なる流体とも直接接觸するように井戸613の底部壁の一部を形成する。層602-612中の一連の積み重ねられた導体充填貫通孔は、導体614と616にそれぞれ接続されたリード618と620を画定する。リード618と620は、導体614と616間の抵抗測定用の外部構成要素（図示せず）への電気接続をさせるために、デバイス600の外部に伸長する。流体が井戸613中にはない時、非常に高い抵抗すなわち“開路”抵抗が導体614と616間に存在してもよい。しかしながら井戸中に伝導性流体が存在する時、電流が導体614と616間に流れることができ、この“開路”抵抗よりも低い抵抗を与える。このように、導体614と616は、井戸613中の伝導性流体の有無を感知できる抵抗センサーを有する。

#### 【0106】

代わりの構成がまた、抵抗センサーに利用できる。導体634と636が井戸632の両側の壁の一部を形成している、井戸632を有する多層ミクロ流体デバイス630が、図21に示されている。導体634と636が井戸632中の流体と直接接觸できるならば、導体634と636は、多層ミクロ流体デバイス540中のコンデンサプレート556と558の製造に関して記述された方法の何れによっても形成されてもよい。

#### 【0107】

別の可能な抵抗センサー構造が、図16に示されている。特に、コンデンサブレート522と524はまた、チャンネル252内の伝導性流体の存在を感知する抵抗センサーの二つの導体として使用できる。

### 【0108】

流体の存在または不存在はまた、誘導性センサーによって検出できる。誘導性センサーは、チャンネルまたは空洞の周囲に捲かれたコイルの形式であることが好ましい。例えば、図6および6Aに示されるような空洞204の周囲に捲かれた垂直コイル202、および図7および7Aに示されるようなチャンネル254の周囲に捲かれた水平コイル252は、誘導性センサーとして役立ち得る。誘導性センサーは、インダクタンスの変化を感じることにより、流体を感じる。殆どの流体は、空気の透磁率からほんの僅か小さく異なる透磁率を有する。その結果、このような流体の存在は誘導性センサーを使用して検出することが困難である。しかしながら、流体を容易に検出させるために高透磁率素材が流体に加えられてもよい。このような高透磁率素材は、磁気マイクロスフェアの形式を取ることが好ましい。このような磁気マイクロスフェアは、一般的に永久磁石ではなく、それらはむしろ常磁性体である。常磁性素材は、一般的に酸化鉄である。このような磁気マイクロスフェアは、一般的に0.1から10ミクロンの範囲の大きさを有する。マイクロスフェア中の常磁性素材は、マイクロスフェアを非反応性および生物学的適合性にするために、重合体で被覆されるか、またはその中に良く分散されることが好ましい。本発明の多層ミクロ流体デバイスでの使用に適する磁気マイクロスフェアの例は、インディアナ州のFishersにあるBangs Laboratories, Inc.によって販売されるカタログコードMC03NおよびMC05Nを含む。

### 【0109】

磁気マイクロスフェアの表面はまた、流体の構成要素と相互作用するために使用できる。例えば磁気マイクロスフェアは、その上で化学的反応が起こることができる表面を提供できる。更に、磁気マイクロスフェアの表面の構造と組成は、特定の化学的および生物学的実体がそれらに束縛されるように制御できる。例えばDNA分子は、磁気マイクロスフェアに付けることができる。化学的反応表面または束縛場所を提供するために使用される磁気マイクロスフェアの大きさは、一

一般的に0.2から3ミクロンの範囲である。磁気マイクロスフェアの構造および応用は、ここに参考文献として組み入れたBob Sinclair著 “To Bear or Not to Bead: Application of Magnetic Bead Technology,” The Scientist, vol. 12, no. 13 (1998年6月22日) に更に記述されている。

#### 【0110】

誘導感知について、磁気マイクロスフェアは、流体に高透磁性を与えるために多層ミクロ流体デバイス中に導入される流体に加えられる。この方法で、流体の有無がインダクタンスの変化として検出できる。例えばコイル202は、空洞204中の流体レベルを感知するために使用できる。詳細には、空洞204中に流体がなく、したがって磁気マイクロスフェアがない場合、コイル202のインダクタンスは比較的低いことになる。しかしながら、空洞204の流体レベルが上昇するにつれて、空洞204内の磁気マイクロスフェアの数もまた増加し、それによってコイル202のインダクタンスを増加させる。同様に、コイル202のインダクタンスの変化は、チャンネル254を通る流体の流れの有無を検出するために使用できる。

#### 【0111】

本発明の多層ミクロ流体デバイスはまた、流体温度測定用の温度センサーを含む。多くの場合、温度センサーは、加熱プロセスの制御用ヒーターと関連して使用されてもよい。本発明による多層ミクロ流体デバイス700の一部が、図22に示されている。デバイス700は、層702-718からなる。空洞720が層702-718内に形成され、ヒーターコイル722が空洞720の周囲に捲かれる。空洞720内の流体温度測定の一つの方法は、それに加えられた電圧と電流に基づいてヒーターコイル722の抵抗を計算することによる。しかしながら、この流体温度測定方法は、ヒーターコイル722と流体の温度間の大きな差のために不正確になりがちである。

#### 【0112】

分離した温度センサー724は、流体温度の遙かに正確な測定を提供する。図22および22Aに示されるように、温度センサー724は層712の上面に堆積された伝導性素材の経路である。温度センサー724は、螺旋形を規定するこ

とが好ましい。温度センサー724は、デバイス700が焼成される時、次いで層712の物質に焼結される金属含有ペーストを、グリーンシート層712上にスクリーン印刷することにより形成されることが好ましい。温度センサー724の伝導性素材は、良好に特性化された、温度によって変化する抵抗を有するべきである。これもまた層712にスクリーン印刷されてそれに焼結されることが好ましい端子726と728が、温度センサー724の端部に設けられる。層702-716中の一連の導体経跡と導体充填貫通孔によって画定されるリード730と732は、端子をデバイス700の外部に電気的に接続する。この方法で、外部構成要素(図示せず)が、リード730と732を介して温度センサー724に電流を供給するために使用されてもよい。空洞720中の流体の温度は次いで、温度センサー724の抵抗から決定できる。

#### 【0113】

温度センサー724は、図22Aに示されるように、それを4個のリード構成で使用することによって更にもっと正確に作られる。従って、温度センサー724に分岐点738と740で電気的に接続される二つの追加リード、リード734と736を設けることが好ましい。この構成において、リード730と732は既知の電流を加え、一方、リード734と736は分岐点738と740間の電圧降下を測定する。抵抗すなわち温度は、次いで、加えられた電流と測定された電圧から計算され得る。

#### 【0114】

図22に示されるように、層712は空洞720の底部を画定する。従って、温度センサー712は、空洞720中の如何なる流体とも直接接触する状態に置かれることになる。しかしながら、温度センサー724の素材が空洞720中の流体と反応し、またはそうではなくそれと適合しない適用においては、温度センサー724はまた、一つ以上の層によって空洞720から隔てられてもよい。例えば温度センサー724は、層712の代わりに層714の上部表面上に配置されることができる。

#### 【0115】

多くの化学的および生物学的反応がpH環境に依存するので、pHセンサーもまた

本発明の多層ミクロ流体デバイスの重要な構成要素に成り得る。厚膜技術を使用して、pHセンサーは、そこの流体のpHを感知するために、チャンネルおよび井戸中に焼結され得る。グリーンシート層802-814からなるこのような多層ミクロ流体デバイスの一部が、図23に示されている。第一流体通路816は層802-806によって画定され、第二流体通路818は層808によって画定され、空洞は層806-812によって画定される。厚膜pHセンサー822は層814に焼結されるとともに、空洞820の底部に配置される。厚膜pHセンサー822は金属電極826の上部に焼結された感応性ガラス824の層を有する。感応性ガラス層824と金属電極826は共に、厚膜技術を使用して適用されることが好ましい。感応性ガラス824を形成するために使用される厚膜ペーストは、有機接着剤中に、好ましくは10から20ミクロンの範囲の大きさの粒子を有する感応性粉末を混合することによって作られてもよい。感応性粉末は、一般的にLi<sub>2</sub>O、CaOおよび/またはNa<sub>2</sub>OとSiO<sub>2</sub>との混合物である。この組成を使用して、pHセンサー822は、約950°Cの温度で焼結することによりグリーンシート層814と一体化され得る。このような厚膜pHセンサーに関する更なる情報は、ここに参考文献として組み入れたJ. H. Liu他著 "Study of thick-film pH sensors," Sensor and Actuators B, 13-14 (1993年) 566-567頁に見出される。

### 【0116】

層814上の金属経跡と層802-812中の金属充填貫通孔によって画定されることが好ましい電気リード828は、電極826からデバイス800の外部への電気伝導径路を提供する。この方法でpHセンサー822は空洞820に含まれる流体中に存在する水素イオンに感応し、およびpHセンサー822は、デバイス800の外部の照合電極(図示せず)と組合せて、空洞820の流体のpHを測定するために使用され得る。

### 【0117】

代案として、pH測定用に要求される照合は、多層ミクロ流体デバイスそれ自身によって与えられることができ。図24に示すように、内部空洞834に配置された厚膜pHセンサー832を有する多層ミクロ流体デバイス830には、照合

溶液を含む外部井戸836が設けられる。外部照合電極838は、pHセンサー832と組合せてpH測定用の外部井戸836中の照合溶液中に配置されてもよい。

#### 【0118】

照合電極は、デバイスと一体化されることが好ましい。この方法が、図25に示されている。グリーンシート層842-854からなる多層ミクロ流体デバイス840は、層846-852で画定される測定空洞856と層846-848で画定される照合空洞858を含む。厚膜pHセンサー860は測定空洞856の底部に配置されるように層854に焼結され、厚膜照合電極862は照合空洞858の底部に配置されるように層850に焼結される。電気リード864、866は、外部構成要素(図示せず)への電気的接続を行うために、pHセンサー860と照合電極862をデバイス840の外部にそれぞれ接続する。照合溶液が、pHセンサー862による空洞856内の流体のpH測定用の照合を与えるために、照合空洞858に加えられてもよい。この方法でpHについて必要とされる外部構成要素(図示せず)の数は、最小化される。

#### 【0119】

別の重要な流体感知能力は、デバイスのチャンネルと空洞中の流体の光学的特性を感知する能力である。特に、流体中の或る化学的または生物学的実体の存在は、一つ以上の波長で流体の光吸収を観察することにより、または一つ以上の波長で蛍光を通してなどのような流体が光を放射する範囲を観察することにより検出できる。この方法は、流体中の化学的反応の進行をモニターするために使用できる。このような光学的感知は、流体を含むチャンネルまたは空洞と光学的に透明なデバイスの外面との間に配置された素材を必要とする。ここで使用されるように、“光学的に透明な”および“光学的透過性”は、可視および／または紫外線光を透過できることを意味する。

#### 【0120】

光学的透明性を与える一つの方法は、グリーンシートの多重不透明層の上部に光学的透過性素材の一つの層を設けることによる。例えば不透明層902-907の上部の光学的透過層901からなる多層ミクロ流体デバイス900の一部が、図26に示されている。チャンネル908が層903中に形成され、空洞90

9が層902-904中に形成される。光学的透過層901はガラス、水晶、溶融シリカ、重合体または所望の波長範囲で透明な他の如何なる素材からも作れることがある。光学的透過層901は、層902-907と共に焼成され、それによって不透明層902に焼結される、ガラス粒子を含むグリーンシートから形成されのが好ましい。あるいは、光学的透過層901は接着剤によるなどして、層902-907が焼成された後に取り付け可能である。接着剤は、コナチカット州のHartfordにあるLoctite Corp.によって販売されるLoctite 3492のようなUV可重合接着剤であることが好ましい。しかしながら、他のアクリルまたはウレタン系接着剤も、使用できる。光学的透過層901が重合体の場合、それはまた圧縮接合または溶融接合で取り付けられてもよい。

#### 【0121】

図26に示されるように、光学的透過層901は空洞909への光学的アクセスを与える。空洞909内で生じる化学的反応は、反応が何時始まり、反応が何時終わったかを決定するために、光学的にモニターされてもよい。あるいは、流体は単に光学的測定のために、チャンネル908から空洞909へ供給されてもよい。

#### 【0122】

好ましい光学的感知技術は、空洞909中の流体の蛍光を検出することを含む。この方法において、第一波長での源の光は光学的透過層901を通して空洞909中の流体に当てられる。次いで、蛍光、すなわち層901を通して空洞909中の流体から放射される第二波長での光の存在が、モニターされる。蛍光タギング(tagging)分子が、この技術を促進するために流体に加えられてもよい。

#### 【0123】

あるいは、層901を通して空洞909中の流体から散乱される源の光の強度が、流体の吸収能または光学的密度を測定するために測定されてもよい。

#### 【0124】

光学的技術はまた、デバイスの異なる部分を同時にモニターするために使用できる。不透明層924中に形成される複数の空洞914-922を覆う光学的透過層912を含む多層ミクロ流体デバイス910の一部が、図27に示されてい

る。光学的透過層912は、空洞914-922の各々への光学的アクセスを提供する。有利なことに、化学的反応は空洞914-922内で並行して行われ、光学的透過層912を通して同時に光学的にモニターされ得る。

#### 【0125】

光学的アクセスはまた、光学的透過性素材で貫通孔を充填することにより提供され得る。特に、貫通孔は、ガラス粒子を含む厚膜ペーストのような、焼成後に光学的透過性となる厚膜ペーストで充填されてもよい。充填された貫通孔は次いで、光学的貫通孔、すなわち流体は通さないが光学的に透過性である貫通孔を提供するために、デバイスの残りの部分と共に焼成される。

#### 【0126】

あるいは、光学的貫通孔は、デバイスが焼成された後、例えばスクリーン印刷で貫通孔を充填することによって設けられ得る。この方法でスクリーン印刷される素材は、光学的透過性重合体を形成するために、次いで熱的にまたは紫外線光への露出の何れかにより重合されるアクリルまたはアクリルウレタンモノマーを含むことが好ましい。

#### 【0127】

不透明層931-937からなる多層ミクロ流体デバイス930の一部が、図28に示されている。チャンネル938は層934中に形成され、空洞939は層933-936中に形成される。光学的透過性素材で充填された貫通孔940と941は共に配列されるように、それぞれ層931と932中に形成される。この方法で、積み重ねられた貫通孔940と941は、デバイス930の上部から空洞939中の流体への光学的アクセスを提供する。光学的透過性素材で充填された第三貫通孔942はまた、デバイス930の底部から空洞939中の流体への光学的アクセスを提供するために層937中に形成されてもよい。貫通孔940、941および942は、総て一緒に配列されることが好ましい。この方法で、光は、流体の光学的吸収のより良い測定を可能にするために、貫通孔940、941および942並びに空洞939中の如何なる流体をも通して直接通過することができる。

#### 【0128】

充填された貫通孔はまた図29に示すように、光学的透過性層と組み合わさることができる。多層ミクロ流体デバイス950において、不透明層951は光学的透過性層952をチャネル953から分離する。貫通孔954-956は層951中に形成され、そして光学的透過性素材で充填される。この配置により流体は、チャネル953を通る流体の流れをモニターするために、チャネル953の異なる点で光学的に感知される。

### 【0129】

水平光学的アクセスがまた、本発明の多層ミクロ流体デバイスに設けられる得る。このことは、層が積層されそして焼成される前に、グリーンシート層の一つの表面上に、焼成後光学的透過性になる厚膜ペーストをスクリーン印刷することによって達成されてもよい。あるいは、光ファイバーがグリーンシート層間に積層され、次いでデバイスの残りの部分と共に焼成されてもよい。

### 【0130】

その中で層962-964に空洞968が形成される、不透明層961-967からなる多層ミクロ流体デバイス960の一部が、図30に示されている。層962と963の間に積層されてそれに焼結された光ファイバー969はデバイス960の外側表面から空洞へ伸長する。この方法で、光ファイバー969は空洞968中の流体への光学的アクセスを与える。デバイス960の製造において、光ファイバー969をより良く組み込むために、積層前にチャネルを層962と963中に型押しすることが望ましい。

### 【0131】

その中で層972-974に空洞978が形成される、不透明層971-977からなる多層ミクロ流体デバイス970の一部が、図31に示されている。それぞれ層971と972に形成される積み重ね貫通孔979と980は、ガラス粒子を含む厚膜ペーストで貫通孔979と980を充填することにより設けられるようにして、層971と972に焼結される光学的透過性素材で充填される。光学的透過性経跡981は充填された貫通孔980から空洞978へ伸長する。この方法で、充填された貫通孔979と980および光学的透過性経跡981は、空洞978中の流体への光学的アクセスを提供する。経跡981は、ガラス粒

子のような光学的透過性素材を含む厚膜ペーストをグリーンシート層973の表面へ堆積することによって形成されることが好ましい。

#### 【0132】

本発明の多層ミクロ流体デバイス中の重要な構成要素の第三の主要な範疇は、流体または流体の構成要素の運動を制御する構成要素である。チャンネルを通して流体運動を誘起することにより、“ポンプ”として役立ち得る構成要素が、この範疇に含まれる。

#### 【0133】

流体のこのようなポンピングは、伝導性流体に適する電気浸透ポンピングおよび非伝導性流体に適する電気流体力学的ポンピングを使用して達成できる。チャンネルを通る伝導性流体の電気浸透ポンピングは、一般的に100から500V/cmの範囲の、チャンネルの長さを横切る電界の印加を必要とする。電気浸透ポンピングは、ここに参考文献として組み入れたAndreas Manz他著 “Electroosmotic Pumping and Electrophoretic Separations for Miniaturized Chemical Analysis Systems,” Journal of Micromechanical Microengineering, vol. 4, 257 – 265頁（1994年）により詳細に記述されている。

#### 【0134】

電気浸透ポンピングを行う本発明の多層ミクロ流体デバイス1000の一部が、図32に示されている。デバイス1000は、層1001 – 1006からなる。空洞1007が、層1001 – 1006に形成される。第一チャンネル1008は層1006に形成され、第二チャンネル1009は層1007に形成される。一対の電極1010と1011が、チャンネル1008の長さに沿って離れて配置される。電極1010と1011は、層1002中に形成される導体充填貫通孔によって固定されることが好ましい。導体リード1012と1013は、外部構成要素（図示せず）への接続用に、電極1010と1011からデバイス1000の外部へそれぞれ伸長する。この方法で、電気浸透ポンピング用に要求される電圧は、電極1010と1011に印加されることができる。この電圧が印加される時、流体はチャンネル1008を通して空洞1007へ汲み上げられることができる。

### 【0135】

比較的非伝導性の流体の電気流体力学的ポンピングは、流体チャンネルに沿った進行電界を適用することにより達成されることが好ましい。例えば位相シフト電圧パルスが、流体チャンネルに沿って離れて配置された一連の電極に連続して印加されてもよい。この方法は、ここに参考文献として組み入れたG. Fuhr著 “Pumping of Water Solutions in Microfabricated Electrohydrodynamic System,” Micro Electro Mechanical Systems ’92 (1992年2月4—7日) 25—20頁に詳細に記述されている。

### 【0136】

図33は、電気流体力学的ポンピングが本発明による多層ミクロ流体デバイス中でどのように達成され得るかを略図的に示す。その中にチャンネル1015が形成される第一グリーンシート層1014（部分的に切取られて示される）、および第二グリーンシート層1016が、図33に示される。一連の電極1017—1024が、チャンネル1015を跨いで立つグリーンシート層1016の上部表面に設けられる。電極1017—1024は、グリーンシート層1016にスクリーン印刷されて焼結された伝導性経路によって画定されることが好ましい。電極1017—1024は均等に間隔をおいて配置されることが好ましく、電極1017—1024の各々の幅は実質的に同じであることが好ましい。電気流体力学的ポンピングを達成するために、電圧パルスが各連続する電極間で所定の位相差をもって電極1017—1024の各々に印加されてもよい。したがって、例えば、電極1017と1021に印加される電圧パルスの位相は、電圧パルスの位相が中間電極1018—1020間で連続的に変化しても、同一であってもよい。電圧パルスは100から300Vの範囲のピーク電圧と、100kHzから30MHzの範囲の周波数を有することが好ましい。電極間の間隔は、約200ミクロンが好ましい。電圧パルスをこの方法で印加することにより、流体はチャンネル1015を通して汲み上げられることができる。

### 【0137】

本発明の多層ミクロ流体デバイスに一体化されている圧電部材の運動もまた、流体を汲み上げるために使用できる。このような圧電部材は、好ましくはジルコ

ン酸チタン酸鉛（PZT）物質であるセラミック素材から作られるのが好ましい。

PZTは、色々な異なる方法の一つでグリーンシート層に加えられてもよい。PZTは最初に焼成され、次いで未焼成のグリーンシート層に設けられた空洞に加えられてもよい。この方法において、PZTは接着剤によって所定の場所に固定されてもよいし、電極が伝導性エポキシを塗布することにより圧電部材に設けられてもよい。

### 【0138】

PZTは、デバイスの一体部品となるように、グリーンシート層と共に焼成されて焼結されることが好ましい。例えば、PZT物質はセラミックグリーンシート層として鋳造(cast)され、次いで他のグリーンシート層と積層され、焼成され得る。あるいは、PZT物質は、厚膜ペーストとして未焼成グリーンシート層中の空洞に加えられてもよい。両方の方法において、電極は、それらの上に金属含有厚膜ペーストをクリーン印刷することにより圧電部材上に設けられてもよい。この方法において、PZT物質、電極、およびグリーンシート層は総て共に焼成されてもよい。焼成後、PZTはその上に堆積された電極によって一般的に2000V/mmよりも大きい電界を印加して分極される。PZTを分極するために使用される電極はそれを分極するために使用される電極と同じか、またはそれと異なる何れかであってもよい。

### 【0139】

PZT物質は、化学的構成要素の広い多様体を含むことができるセラミック素材の広いクラスであるが、それらは総て、 $Pb(Zr_{1-x}Ti_x)O_3$ 形式の主要構成要素であるジルコン酸チタン酸としての鉛を含む。ここで、 $x$ はゼロから1に変動し得る。この物質についての適当な焼結温度は、一般的に1200から1300°Cの範囲である。しかしながらより低い焼結温度が、これを多くのグリーンシート物質と共に焼成するために必要である。特に、好ましい金属被覆素材である銀の融点は僅か961°Cであるので、本発明に使用されるPZT物質はこの温度未満の焼結温度を有することが好ましい。PZTの焼結温度を下げるために、各種ドーパントがそれに加えられてもよい。例えば、PZTの焼結温度は、ZnOとして加えられる2.0モル%Zn<sup>2+</sup>、およびLi<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>として加えられる3.0モル%Li<sup>+</sup>の追加によつ

て940°Cに下げられてもよい。この方法についての更なる詳細が、ここに参考文献として組み入れた、Z. Gui他著 “Influence of Additives on Sintering Processing and Properties of High Performance Piezoelectric Ceramics,” Solid State Phenomena, 25および26巻、309-316頁、(1992年)に与えられている。

#### 【0140】

より好ましくは、ここに参考文献として組み入れた米国特許No. 5, 792, 379号に記述されるように、PZTの焼結温度は更に低く、約900°Cに下げられてもよい。この方法において、PZT組成は94.0から99.4重量%のジルコン酸チタン酸鉛、0.1から1.0重量%の二酸化マンガン、および式 $wB_2O_3 - xBi_2O_3 - yMeO - zCuO$ を有する0.5から5.0重量%のガラス添加剤によって特徴付けられる。ここでMeは、Ca、Sr、BaおよびZnより成るグループから選択される。更に $w + x + y + z = 1$ であり、ここでwは0.01から0.15の範囲であり、xはゼロから0.80の範囲であり、yはゼロから0.60の範囲であり、およびzはゼロから0.55の範囲である。

#### 【0141】

圧電ポンピングの一つのタイプが設けられている、本発明による多層ミクロ流体デバイス1030の一部が、図34に示されている。デバイス1030は層1032-1044からなり、そのうち層1036と1038は圧電素材から作られ、他の層は非圧電素材を含むグリーンシートから形成される。チャンネル1046が層1038に形成される。電極1048が圧電層1036の上部表面に形成され、一連の電極1050-1056が圧電層1036の下部表面に形成される。同様に、電極1058が圧電層1040の下部表面に形成され、一連の電極1060-1066が圧電層1040の上部表面に形成される。デバイス1030に一体化された電気的に伝導性のリード(図示せず)は電極1048-1066をデバイス1030の外面に接続し、それ故外部構成要素(図示せず)は電極に電圧を印加できる。電極1050-1056と1060-1066に印加された電圧は、表面音波を起こすために合せられる(timed)。特に、電極1050-1056と1060-1066とにそれぞれ接触状態にある圧電層1034と

1040の一部は、チャンネル1038を通して流体を引き出すために、協調した方法で交互に緊縮して弛緩する。

#### 【0142】

圧電ポンピングの別のタイプが設けられている、本発明による多層ミクロ流体デバイス1070の一部が、図35に示されている。デバイス1070は、層1072-1086からなる。これらの層について、層1076と1082は部分的に圧電素材から作られ、それによって圧電部材1077と1083を画定する。空洞1088が、層1074-1084に形成される。層1076に形成された入口チャンネル1090と層1082に形成された出口チャンネル1092が、空洞1088に接続される。圧電部材1077と1083は、流体を入口チャンネル1090から空洞1088へ汲み上げ、および流体を出口チャンネル1092を通して空洞1088の外へ汲み上げる二つの異なる方法で動作できる。動作の一つのモードにおいて、部材1077と1083は、チャンネル1090から流体を引き込んだりチャンネル1082中へ流体を押し出したりするために、協調した方法で、（紙面の平面内または紙面の平面に垂直の何れかで）交互に湾曲し、かつ弛緩する。動作の別のモードでは、部材1077と1083は、流体を移動するために、協調した方法で交互に伸長しおよび緊縮する。圧電部材1077と1083は、これらの動作を実施するために、適当な位置に電極（図示せず）を設けられる。

#### 【0143】

流体ポンプはまた、磁気ビーズ(magnetic beads)の操作に基づくこともできる。上記したように、磁気マイクロスフェアは多層ミクロ流体デバイス中の流体に加えられることができ、或る化学的および生物学的実体もまた磁気マイクロスフェアに結びつけられることができる。磁気マイクロスフェアは常磁性体であるので、それらは磁束密度の区域へ移動することが好ましい。従って、電磁石は磁気マイクロスフェアを操作するために使用できる。磁気マイクロスフェアの操作により、それらに結びつけられた実体の配置と移動が制御できる。磁気マイクロスフェアは移動するので、それらはまたそれに沿った周囲の流体を引きずることができ、それによって流体の流れを生じる。

### 【0144】

磁気マイクロスフェアの電磁操作用の、本発明による多層ミクロ流体デバイス1200の一部が、図36に示される。デバイス1200は、グリーンシート層1202-1216からなり、層1204中に形成されたチャンネル1218を含む。一対の電磁石1220と1222は、磁束をチャンネル1218に向けるために、チャンネル1218にほぼ垂直に配列される。電磁石1220には、層1206-1216中の一連の伝導性経路と導体充填貫通孔によって画定される垂直コイル1224が設けられる。高透磁率素材のコア1226が、垂直コイル1224内に配置される。電磁石1222の構造は、電磁石1220の構造と同様である。

### 【0145】

コア1226は、層1206-1214中の高透磁率素材で充填された積み重ねられた貫通孔によって最も好都合に画定される。もしコア1226の高透磁率素材がチャンネル1218を通して流れてもよい流体と適合しなければ、コア1226は一つ以上の層によってチャンネル1218から引っ込められてもよい。高透磁率素材は $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{Mn Fe}_2\text{O}_4$ 、または $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ のようなフェライト素材を含むことが好ましい。フェライトはまた、ガラスフリットと組み合せられてもよい。適当なフェライト素材は、カリフォルニア州のCosta MesaにあるScranton Engineering, Inc.により販売される、SEIフェライトペーストMPS#220、フェライト素材を含む厚膜ペースト、および、フェライト物質がその中でグリーンシート中に鋳造されているSEI Green Tapeである。これらの市場で入手可能な素材は、コア1226をデバイスの残りの部分と一緒にすることにより、850-950°Cの範囲の温度で焼結されてもよい。

### 【0146】

電磁石1220および/または電磁石1222に電流を流すことにより、チャンネル1218中の流体中に存在する磁気マイクロスフェアは、望ましいように移動されまたは所定場所に保持されてもよい。例えば、電磁石1222をオフし電磁石1220をオンした時、磁気マイクロスフェアは、電磁石1220に向かって引き込まれ、その場所に保持されることができる。次いで電磁石1222は

オンされ、かつ、電磁石1220はオフされ、それによって先に保持されている磁気マイクロスフェアを電磁石1222に向かって移動させることができる。この方法で磁気マイクロスフェアはチャンネル1218に沿って移動されてもよい。従って、化学的または生物学的実体は、それらを磁気マイクロスフェアに結びつけることによりこの方法でチャンネル1218に沿って移動されることができる。磁気マイクロスフェアの運動はまた流体をそれらに沿って引きずることができる。この方法で、電磁石1220と1222は、チャンネル1218を通して流体を汲み上げるために使用されることができる。流体ポンピングのためには、より大きな磁気マイクロスフェア、すなわち5ミクロンよりも大きなサイズのものが好ましい。

#### 【0147】

図36はチャンネル近傍の二つの電磁石のみを示しているが、チャンネルを通してマイクロスフェアを移動するためにより多くの電磁石もまた使用できる、ということが理解されるべきである。この運動は、一般的に、上記のように電磁石を連続的に電圧印加することによって達成される。電磁石はまた、磁気マイクロスフェアを移動し、そして流体を空洞の中および外へ汲み上げるために使用されてもよい。

#### 【0148】

図37に、本発明による多層ミクロ流体デバイス1230の一部を示す別の構成が示されている。デバイス1230は、層1236中に形成されたチャンネル1242を有する層1232-1240からなる。第一および第二水平コイル1244と1246がチャンネル1242の周囲に捲かれている。コイル1244と1246は、層1234-1240中の一連の導体経路と金属充填貫通孔から構成されるのが好都合である。フェライト素材のような高透磁率を有する素材が、チャンネル1242の近傍にある層1234と1238中に組み込まれることが好ましい。コイル1244と1246は、チャンネル1242を通して磁気マイクロスフェアを移動するために連続的に電圧印加されてもよい。例えば、コイル1244がオンされ、コイル1246がオフされた時、磁気マイクロスフェアはコイル1244へ引かれることになる。次いでコイル1244がオフされ、コ

イル1246がオンされた時、磁気マイクロスフェアはコイル1244からコイル1246へ移動することになる。

#### 【0149】

電磁石はまた、ミクロ流体デバイスの非常に重要なプロセスである流体の混合と攪拌に使用できる。例えば、反応物質の混合は、それらの化学反応を増進するために有用である。流体の攪拌もまた、温度の均等化と熱平衡を達成することを助ける。磁気マイクロスフェアを含む流体を動かす時、攪拌は流体を通してマイクロスフェアの分散を増進するのに有用である。しかしながら、一般的なミクロ流体デバイス中のチャンネルおよび井戸の小さな寸法のために、殆どの流体の流れは薄層状である。流体の混合は主に薄層状態における拡散によって生じるので、効率的な混合は乱流が展開されなければ達成するのが困難である。

#### 【0150】

層1302-1322からなる多層ミクロ流体デバイスの一部が、図38に略図式に示されている。空洞1325が、層1306-1312中に形成される。空洞1325に接続されるチャンネル1326と1328が、層1308中に形成される。電磁石1330と1332が、層1314-1322中に形成される。電磁石1330と1332はそれぞれ、グリーンシート層中に焼結されたフェライトコアの周囲に巻かれた、一連の導体経路と金属充填貫通孔によって画定される垂直コイルを含むことが好ましい。電磁石1330および1332と相互作用する磁気的攪拌バー1334が、空洞1325内に配置される。図38には二つの電磁石のみが示されているが、少なくとも4個の電磁石が攪拌バー1334を制御するために使用されることが好ましい。層1314の上面図が、図39に略図式に示されている。4個の電磁石1330-1333は、空洞1325の下に対称に配置される。

#### 【0151】

この構成において、電磁攪拌バー1334は、電磁石1330-1333に供給される電流を“回転する”ことによって回転させられてもよい。例えば、電磁石1331と1333への電流を減少する一方で、電磁石1330と1332への電流を増加することは、電磁攪拌バー1334自身を電磁石1330と133

2に配列させるように、電磁搅拌バー1334を回転させる。次いで、電磁石1331と1333への電流を増加する一方で、電磁石1330と1332への電流を減少することは、電磁搅拌バー1334自身を電磁石1331と1333に配列させるように、電磁搅拌バー1334を回転させる。電磁搅拌バー1334をこの方法で回転させることは、空洞1325内の流体に乱流を創り、それによって良好な混合をもたらす。

#### 【0152】

電磁搅拌バー1334は、従来の“ピックアンドプレイス (pick-and-place)” 製造機器を使用して、層1302と1304が取り付けられる前に空洞1325に加えられてもよい。また、電磁搅拌バー1334は、チャンネル1326と1328よりも大きくあるべきで、それ故デバイス1330が焼成された後、電磁搅拌バー1334は空洞1325内部に閉じ込められて留まることになる。

#### 【0153】

流体の運動を制御する構成要素の別の重要なクラスは、弁として作用する構成要素を含む。本発明の多層ミクロ流体デバイス中の一般的なチャンネルの非常に小さな寸法のために、流体のチャンネル壁との相互作用は非常に重大な影響を与える。したがって、弁は、流体通路中の毛管停止部として好都合に設けられてもよい。毛管停止部は一般的に、流体の毛管作用のために、低圧での流体の流れを実質的に阻止するが、より高い圧力では流体を流れさせる、流体通路中の不連続部または不均一部を有する。

#### 【0154】

毛管停止部として作用できる最も簡単な構造の一つは、チャンネルサイズの突然かつ実質的な変化を有する不連続部である。この種の不連続部は、しばしば毛管急変と呼ばれる。その層が毛管急変1502を含む多層ミクロ流体デバイスの一部における層1500が、図40に示されている。詳細には毛管急変1502は、狭いチャンネル1504が広いチャンネル1506につながる所の不連続部である。例えば、狭いチャンネル1504は5ミル幅であり、広いチャンネルは15ミル幅であってもよい。

#### 【0155】

毛管急変1502は、下記のように機能する。流体が低圧で広いチャンネル1506に導入される時、毛管作用は実質的に流体が狭いチャンネル1504に流れることを妨げる。しかしながら、広いチャンネル1506中の流体に加えられる圧力が閾値を越えると、毛管停止部1502での流体の毛管作用は、流体を引き止めるのに不十分となり、流体は次いで狭いチャンネル1504に流れる結果となる。

#### 【0156】

毛管停止部はまた、流体通路の壁の表面エネルギーでの不連続部の形式を取ってもよい。特に、グリーンシート層に通常使用されるガラス、ガラスーセラミック、およびセラミック素材の殆どは、親水性である。しかしながら、疎水性素材が、流体通路内部の疎水性領域を画定するために、流体通路の表面に適用されてもよい。このような疎水性素材は、有機シリコン化合物、チタン酸塩およびシリカカップリング剤を含んでもよい。しかしながら、このような素材は低分解温度を有するので、それらは普通にはデバイスの残りの部分と共に焼成できない。

#### 【0157】

或る疎水性ガラスーセラミック素材は流体通路内部に疎水性領域を設けるためにグリーンシート層と共に焼成されてそれに焼結される能够で、好ましい疎水性素材はその疎水性ガラスーセラミック素材である。好ましい疎水性ガラスーセラミック素材は、主な結晶相としてヒューマイト鉱物性ノルベルジャイト ( $Mg_2SiO_4-MgF_2$ ) を含み、ここに参考文献として組み入れた米国特許No. 4, 118, 237号に記述されている。これらの疎水性ガラスーセラミック素材の粒子を含む厚膜ペーストは、疎水性領域を画定するためにスクリーン印刷によつて流体通路に加えられてもよい。

#### 【0158】

層1602-1612からなる多層ミクロ流体デバイス1600の一部が、図41に示されている。チャンネル1614が層1606中に形成され、流体入口1616は層1602と1604中に形成された積み重ね貫通孔からなり、流体出口1618もまた層1602と1604中に形成された積み重ね貫通孔からなる。疎水性領域1620が、チャンネル1614中に配置される。疎水性領域1

620は、積層前に、疎水性ガラスーセラミック素材を含む厚膜ペーストを層1608上にスクリーン印刷し、次いでそれを共に焼成することによって形成され、その結果疎水性素材が層1608に焼結されることが好ましい。

#### 【0159】

疎水性領域1620は、毛管停止部として作用する。流体が低圧で流体入口1616からチャンネル1614に加えられた時、流体は表面エネルギーの不連続性のために疎水性領域1620を過ぎて流れない。しかしながら、もし流体に加えられる圧力が閾値を超えると、流体は疎水性領域1620を過ぎて流体出口1618の外へ流れることができる。

#### 【0160】

チャンネル中に一対の相対する疎水性領域を使用することにより、更に良い毛管停止能力が提供されてもよい。例えば、一対の相対する疎水性領域1634と1636がその中に配置されているチャンネル1632を有する多層ミクロ流体デバイス1630の一部が、図42に示されている。疎水性領域1634と1636は、それぞれチャンネル1632の底部と上部の壁を画定する層1638と1640の上に厚膜ペーストを含む疎水性ガラスーセラミック素材をスクリーン印刷することによって形成されることが好ましい。

#### 【0161】

疎水性領域はまた、垂直チャンネル内に設けられてもよい。層1652-1662から形成される多層ミクロ流体デバイス1650の一部が、図43に示されている。垂直チャンネル1664は層1652-1656中に形成され、水平チャンネル1666は層1658中に形成される。層1654に焼結された疎水性素材からなる疎水性領域1668は、毛管停止部を提供するために垂直チャンネル1664の一部を取りむ。

#### 【0162】

疎水性領域1668を形成する方法が、図44に概略的に示されている。最初に大きめの貫通孔1702が、グリーンシート層1654に形成される。貫通孔1702は、スクリーン印刷などによって、厚膜ペースト1704で充填される。厚膜ペースト1704は、前駆接着剤中に分散された疎水性ガラスーセラミッ

ク素材の粒子を含む。前駆結着剤は、熱的に60から75℃の範囲の温度を加えることにより、またはUV光へ露出することにより重合されてもよい。前駆結着剤は、アクリル共重合体を含むことが好ましい。前駆結着剤の重合は厚膜ペーストを凝固し、グリーンシート層1654内部に疎水性プラグを与える。貫通孔1708が、次いで疎水性プラグ1706を通して形成される。層1654は次いで他の層と積層され、そして焼成される。焼成の結果、疎水性プラグ1706は層1654へ焼結された疎水性領域1668となり、貫通孔1708は垂直チャンネル1664の一部を画定する。

#### 【0163】

ここに与えられた本発明の多層ミクロ流体デバイスの色々な態様は、作動デバイスに含まれてもよい幾つかの構成要素を個々に図示することを意図していると理解されるべきである。従って、本発明の多層ミクロ流体デバイスは、デバイスの特定の適用によって、ここに示した基礎構成要素の色々な組合せと配置を含んでもよい。

#### 【0164】

さらに、ここに色々な実施例が示され、そして記述されてきたが、これまでの実施例の色々な変更や置換、および再配置や組合せが、本発明の新規な精神と範囲から逸脱せずに、当業者によって為し得る、ということが理解されるべきである。

#### 【図面の簡単な説明】

**【図1】** 図1は、本発明の実施例による多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。図1A-1Fは、図1の多層ミクロ流体デバイスの個別層の平面図に対応する各部分図による図1の多層ミクロ流体デバイスの部分図である。

**【図2】** 図2は、本発明の実施例による多層ミクロ流体デバイスを製作するステップの略図表示である。

**【図3】** 図3は、本発明の実施例による多層構造を製作する別の方法の略図表示である。

**【図4】** 図4は、本発明によって作られた多層構造の略図表示である。

**【図5】** 図5は、本発明の実施例による、水平ヒーターを有する多層ミク

ロ流体デバイスの一部の略図表示である。図 5 A は、図 5 の多層ミクロ流体デバイスの底部層の平面図に対応する図 5 の多層ミクロ流体デバイスの部分図である。

【図 6】 図 6 は、本発明の実施例による、空洞の周囲に捲かれた垂直コイルを有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。図 6 A は、図 6 の垂直コイルの透視図である。

【図 7】 図 7 は、本発明の実施例による、チャンネルの周囲に捲かれた水平コイルを有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。図 7 A は、図 7 の水平コイルの透視図である。

【図 8】 図 8 は、本発明の実施例による、熱電素子を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図 9】 図 9 は、本発明の実施例による、二つの熱電素子を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の分解略図表示である。図 9 A は、図 9 の熱電素子の一つの略式図である。

【図 10】 図 10 は、本発明の実施例による、熱電素子の別の構成の略図表示である。

【図 11】 図 11 は、本発明による、熱絶縁ポケットを有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図 12】 図 12 は、本発明による、複数の熱的貫通孔を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図 13】 図 13 は、本発明による、熱交換器を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図 14】 図 14 は、本発明の実施例による、反応室中に不均一触媒を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図 15】 図 15 は、本発明の実施例による、細胞溶解用マイクロ波エネルギーを印加する手段を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図 16】 図 16 は、本発明の実施例による、静電容量センサーを有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図17】 図17は、本発明の実施例による、静電容量センサーを有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図18】 図18は、本発明の実施例による、静電容量センサーを有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図19】 図19は、本発明の実施例による、静電容量センサーを有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図20】 図20は、本発明の実施例による、抵抗センサーを有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図21】 図21は、本発明の実施例による、抵抗センサーを有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図22】 図22は、本発明の実施例による、温度センサーを有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。図22Aは、図22の多層ミクロ流体デバイスの層の平面図に対応する図22の多層ミクロ流体デバイスの部分図である。

【図23】 図23は、本発明の実施例による、pHセンサーを有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図24】 図24は、本発明の実施例による、pHセンサーと照合溶液用空洞を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図25】 図25は、本発明の実施例による、pHセンサーと内部照合電極を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図26】 図26は、本発明の実施例による、光学的透過層を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図27】 図27は、本発明の実施例による、光学的透過層を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図28】 図28は、本発明の実施例による、光学的貫通孔を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図29】 図29は、本発明の実施例による、光学的貫通孔と光学的透過層を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図30】 図30は、本発明の実施例による、その中に光ファイバーを有

する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図 3 1】 図 3 1 は、本発明の実施例による、水平および垂直光学的透過径路を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図 3 2】 図 3 2 は、本発明の実施例による、電気浸透ポンピングシステムを有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図 3 3】 図 3 3 は、本発明の実施例による、電気流体力学的ポンピングシステムを有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図 3 4】 図 3 4 は、本発明の実施例による、圧電ポンピングシステムを有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図 3 5】 図 3 5 は、本発明の実施例による、圧電ポンピングシステムを有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図 3 6】 図 3 6 は、本発明の実施例による、内蔵電磁石を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図 3 7】 図 3 7 は、本発明の実施例による、内蔵電磁石を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図 3 8】 図 3 8 は、本発明の実施例による、電磁搅拌棒を制御する内蔵電磁石を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の断面の略図表示である。

【図 3 9】 図 3 9 は、本発明の実施例による、電磁搅拌棒を制御する内蔵電磁石を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の上面図の略図表示である。

【図 4 0】 図 4 0 は、本発明の実施例による、毛管急変部を有する多層ミクロ流体デバイスの一層の上面図の略図表示である。

【図 4 1】 図 4 1 は、本発明の実施例による、流体通路中に疎水性部分を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図 4 2】 図 4 2 は、本発明の実施例による、流体通路中に一対の疎水性部分を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図 4 3】 図 4 3 は、本発明の実施例による、垂直流体通路中に疎水性部分を有する多層ミクロ流体デバイスの一部の略図表示である。

【図 4 4】 図 4 4 は、本発明の実施例による、図 4 3 の垂直流体通路中に疎水性部分を製作するステップの略図表示である。

**【符号の説明】**

10…多層ミクロ流体デバイス、12—22…グリーンシート層、24…空洞、  
26…第一チャンネル、28…第二チャンネル、30…第一貫通孔、32…第二  
貫通孔、34…第一流体ポート、36…第三貫通孔、38…第二流体ポート。

【図1】

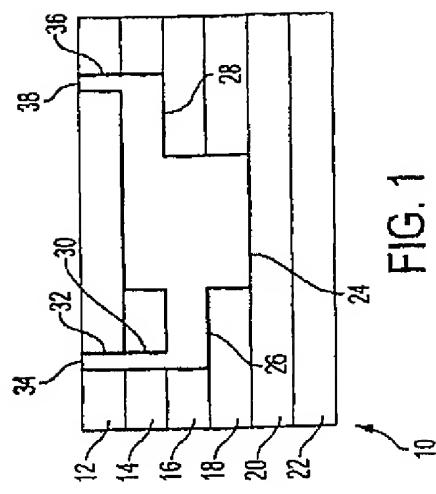


FIG. 1

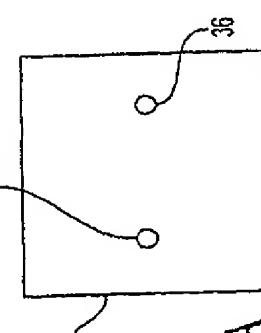


FIG. 1A

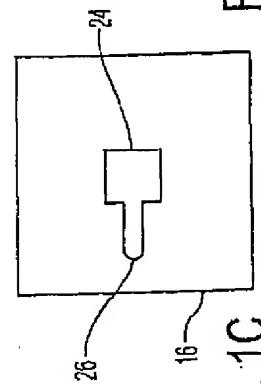


FIG. 1B

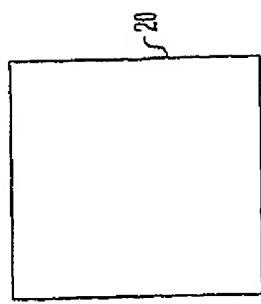


FIG. 1C

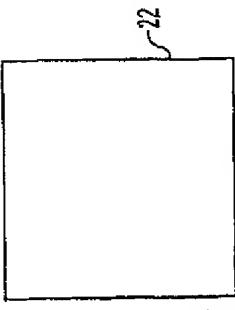


FIG. 1D

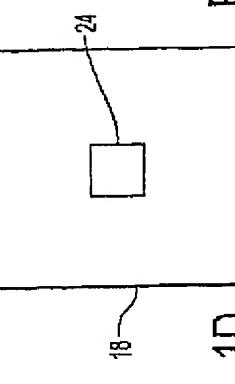


FIG. 1E

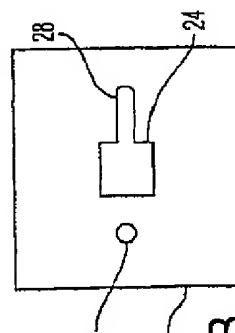
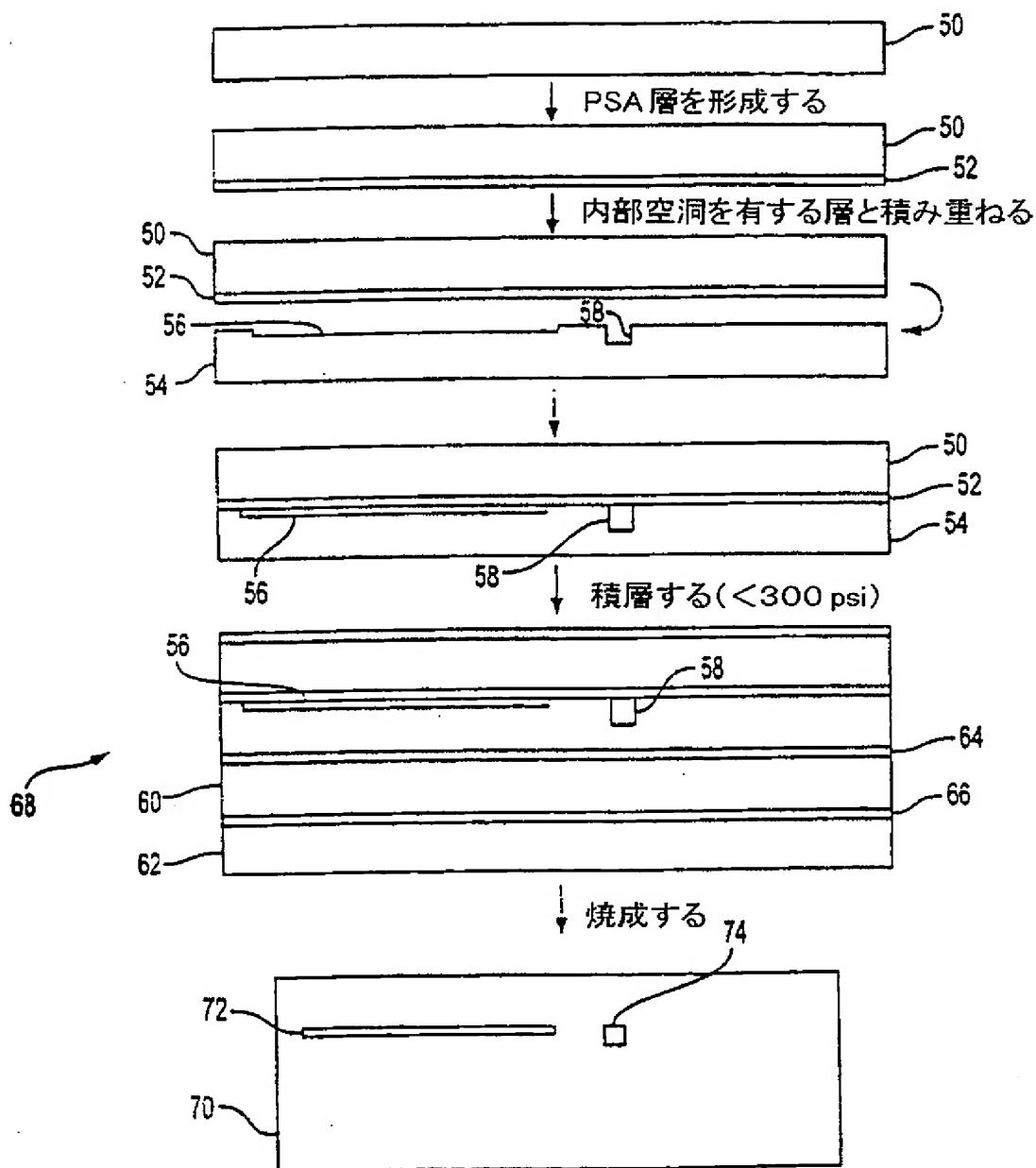


FIG. 1F

【図2】



【図3】

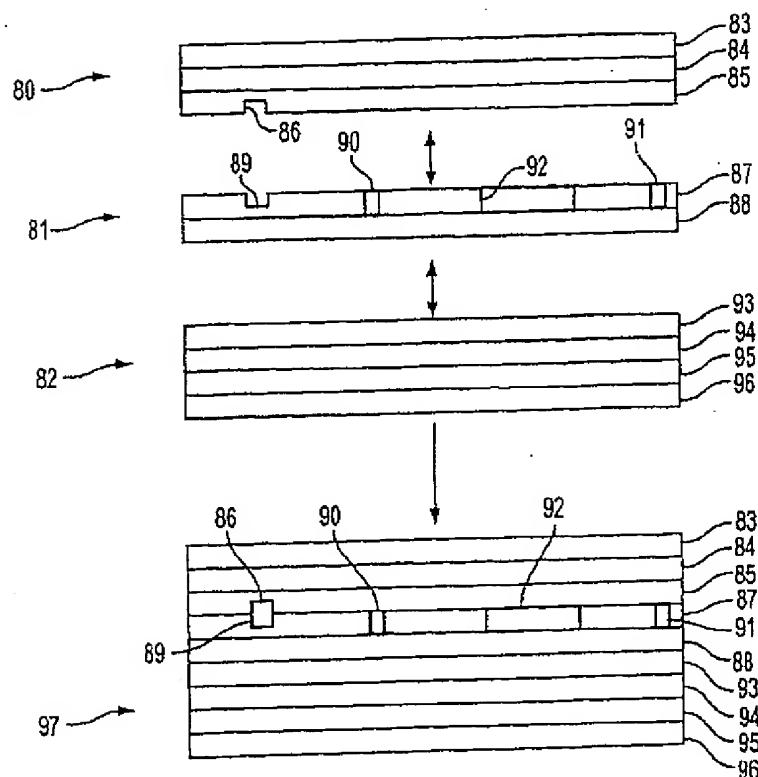
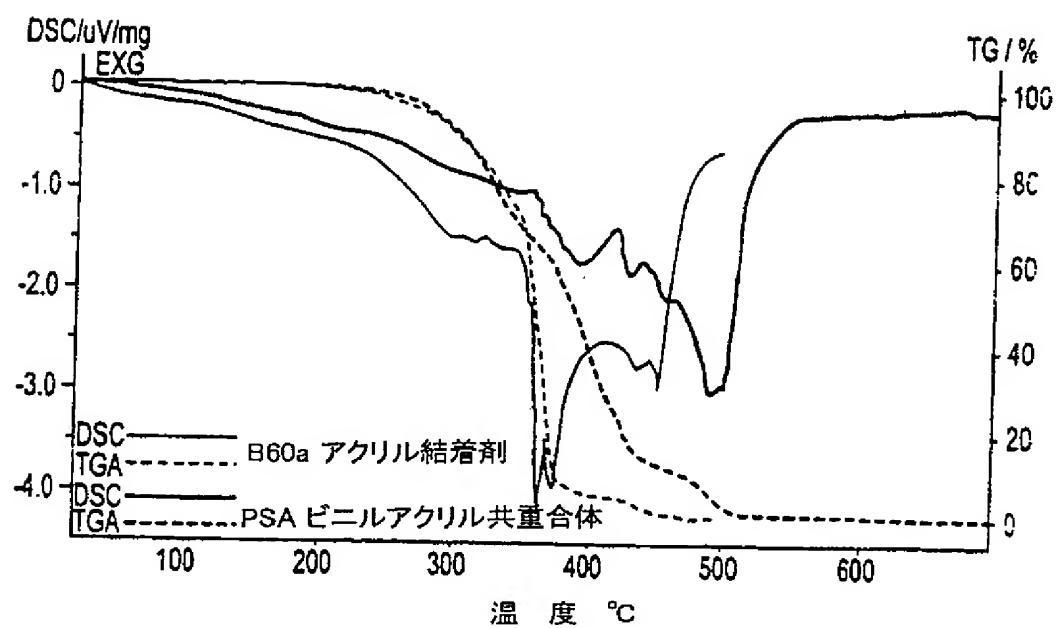
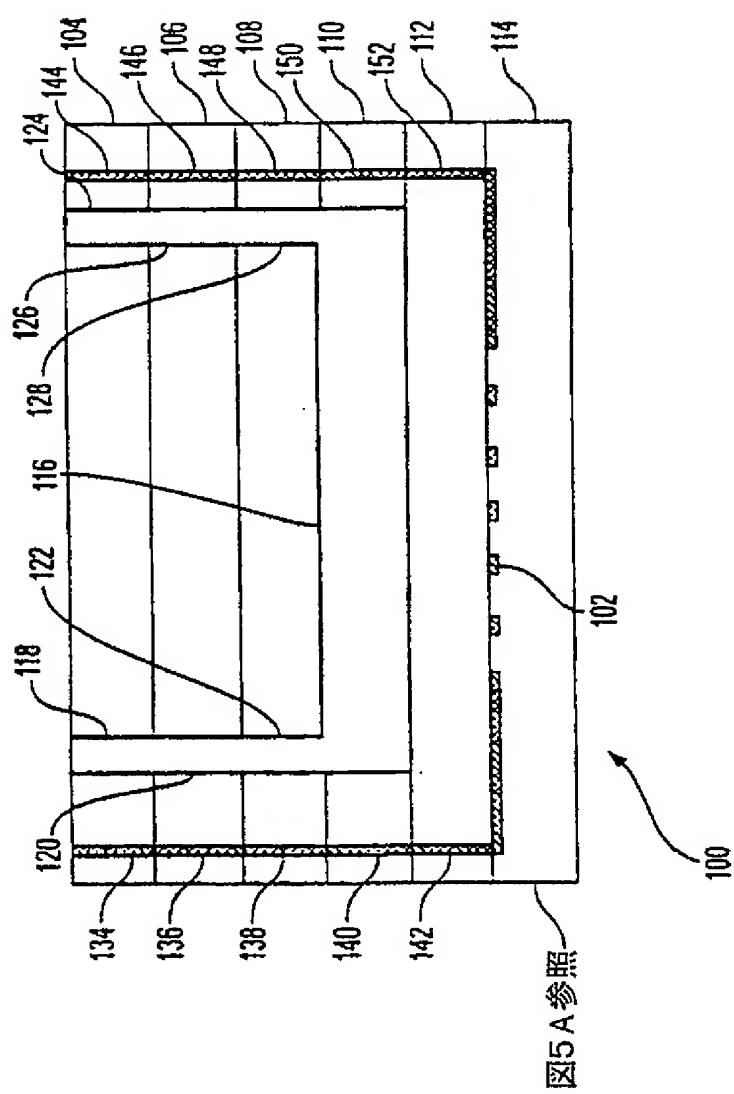


FIG. 3

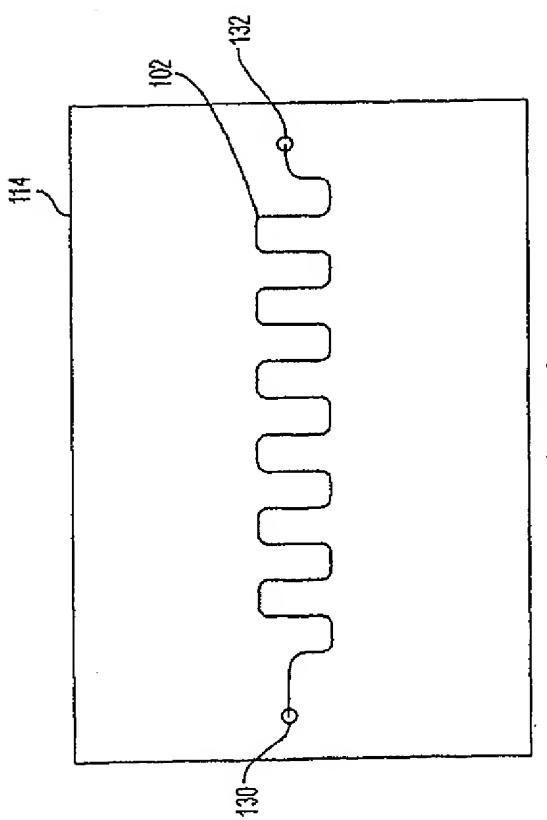
【図4】



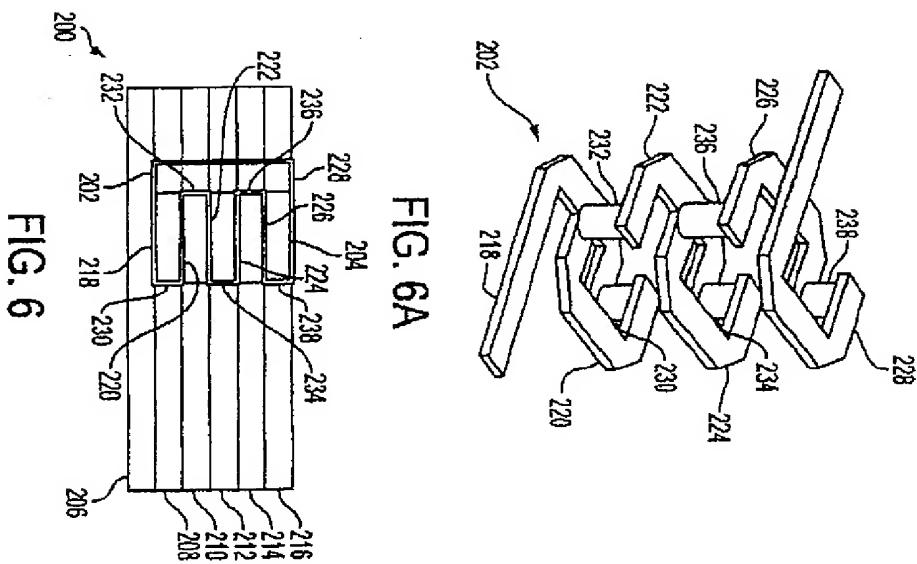
【図5】



【図5A】



【図6】



【図7】

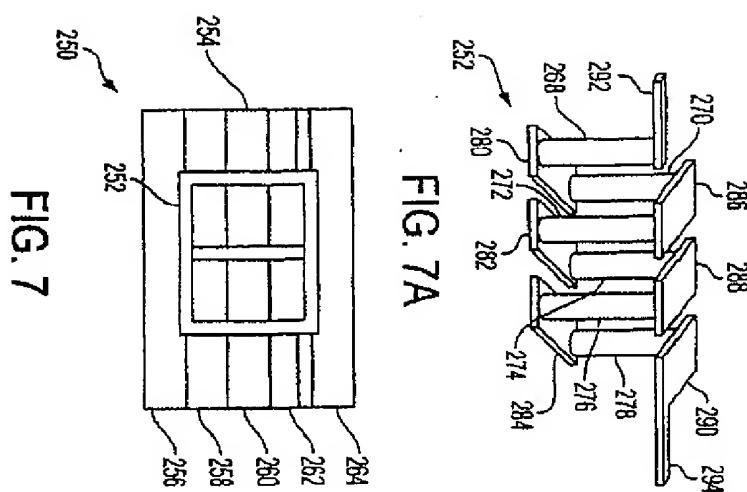


FIG. 7A

【図8】

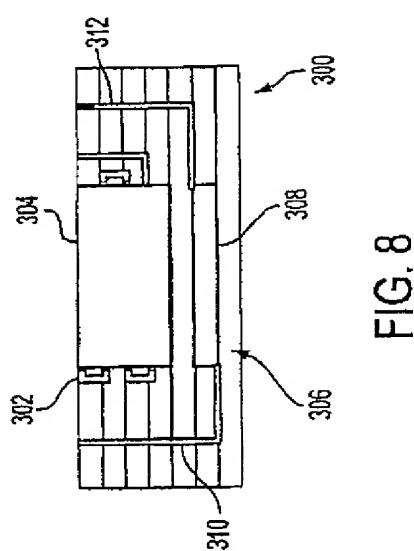
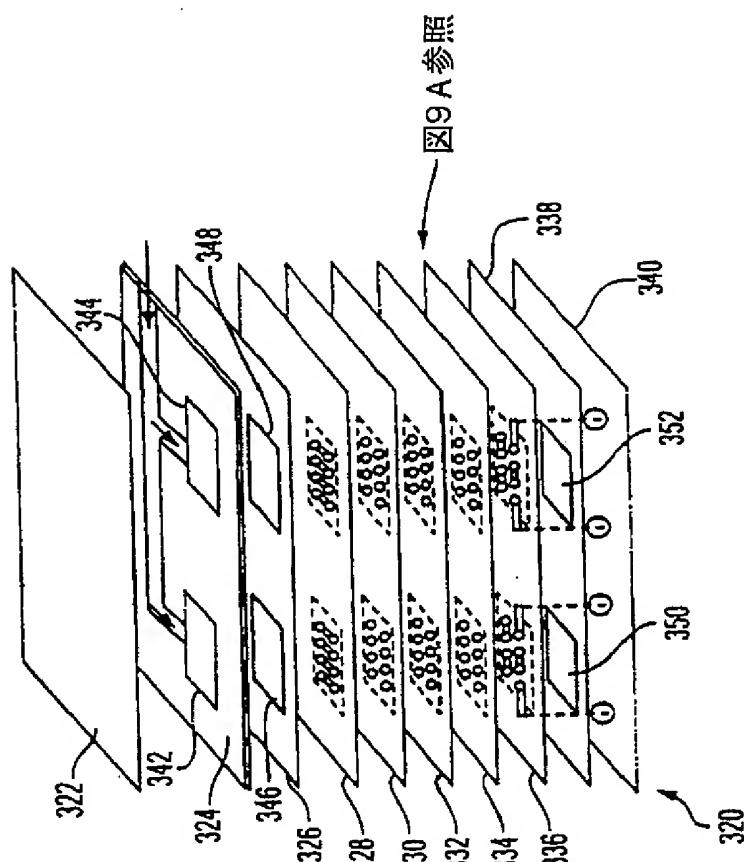


FIG. 8

【図9】



【図9A】

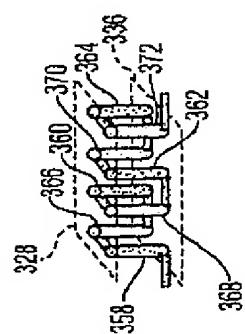
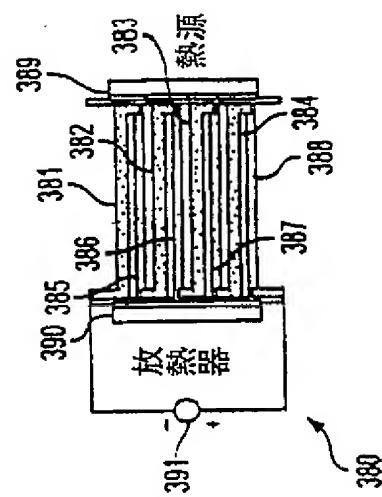


FIG. 9A

【図10】



【図11】

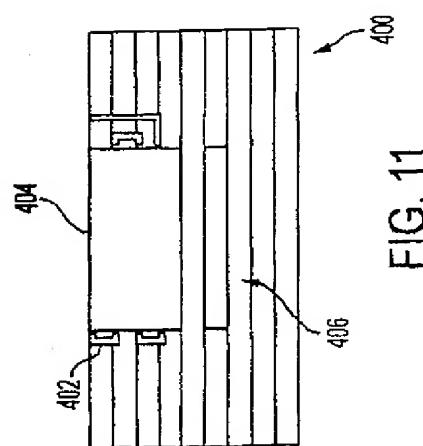


FIG. 11

【図12】

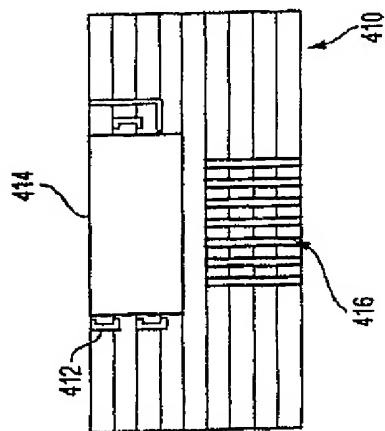


FIG. 12

【図13】

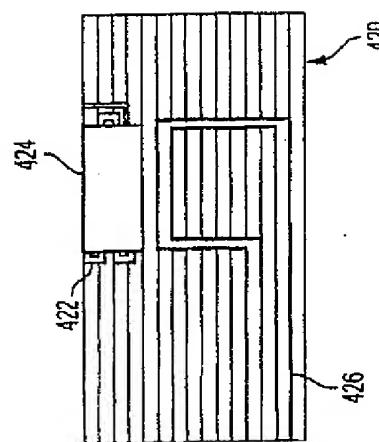


FIG. 13

【図14】

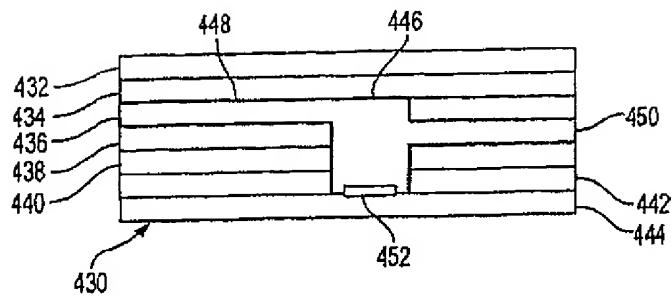
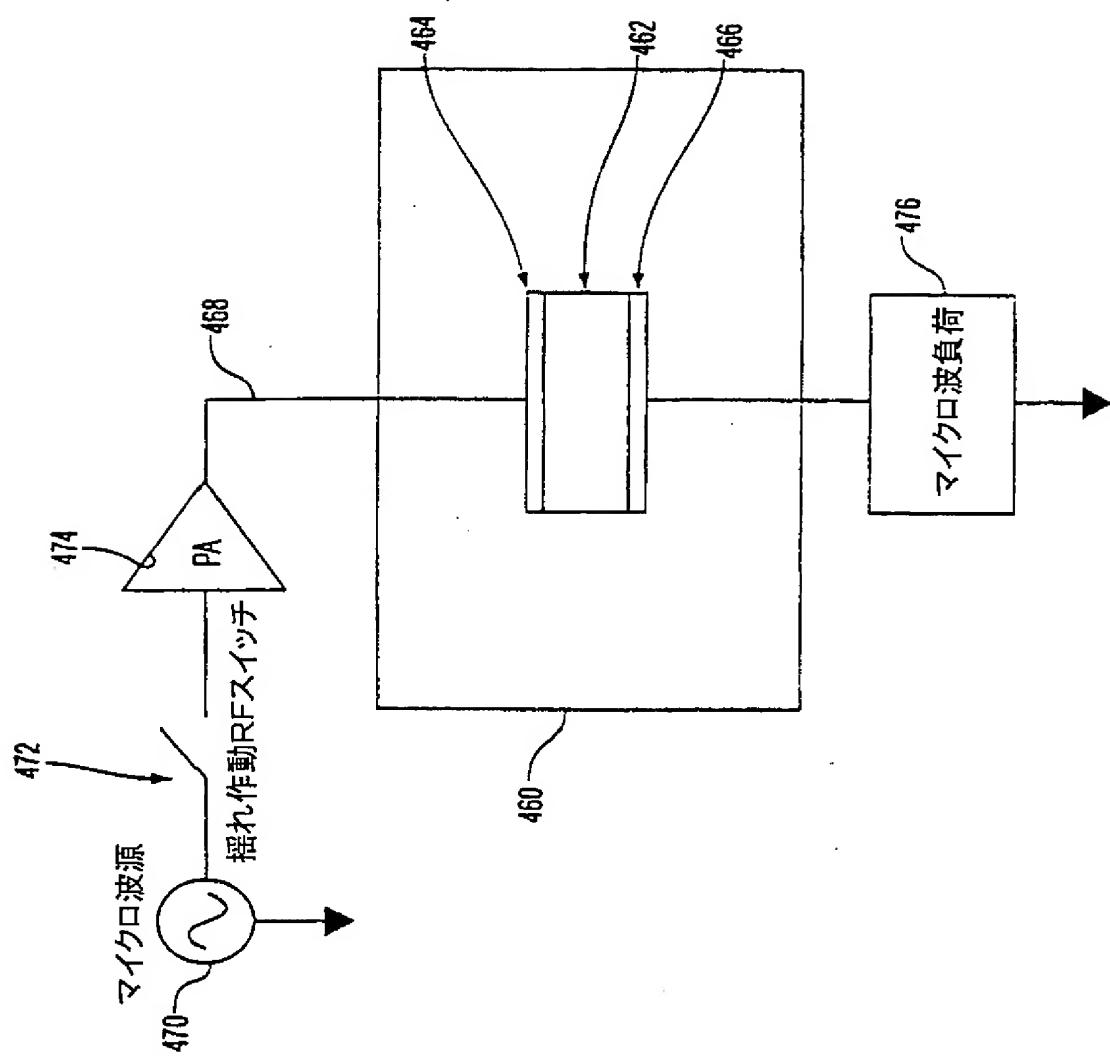


FIG. 14

【図15】



【図16】

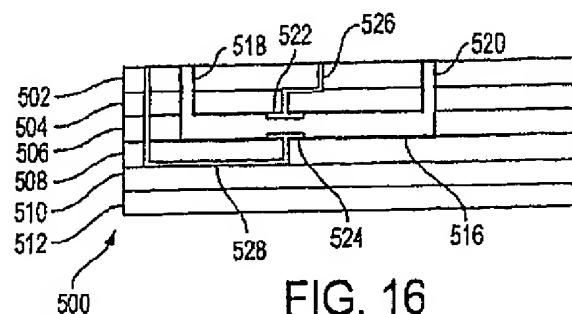


FIG. 16

【図17】

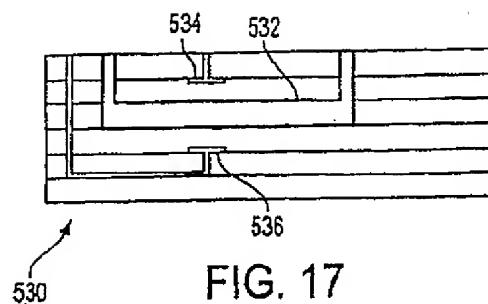


FIG. 17

【図18】

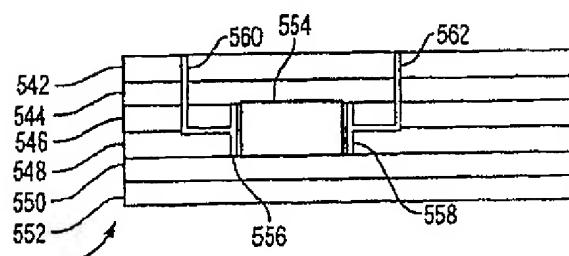


FIG. 18

【図19】

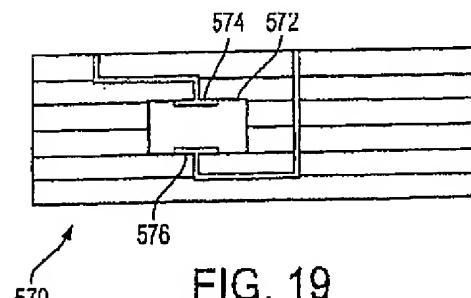


FIG. 19

【図20】

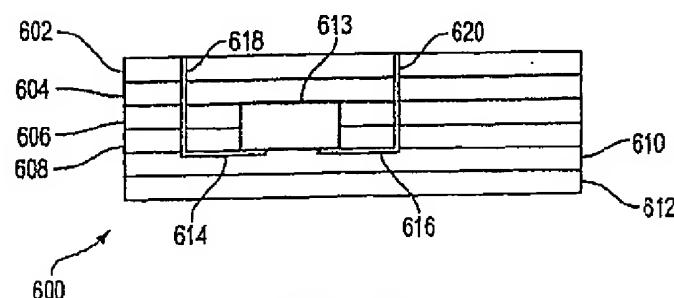


FIG. 20

【図21】

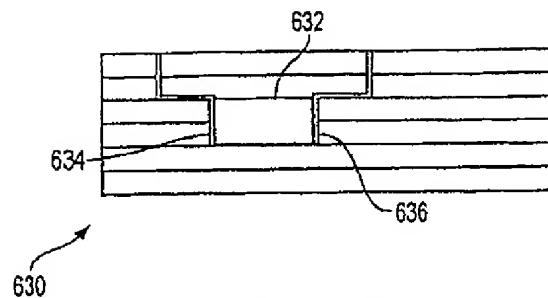


FIG. 21

【図22】

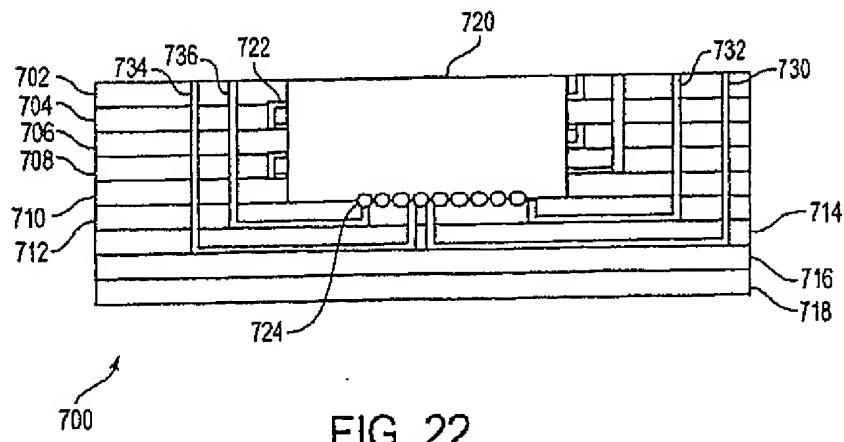


FIG. 22

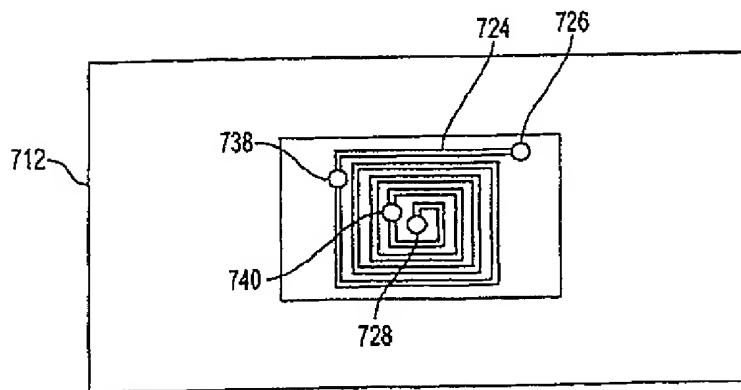


FIG. 22A

【図23】

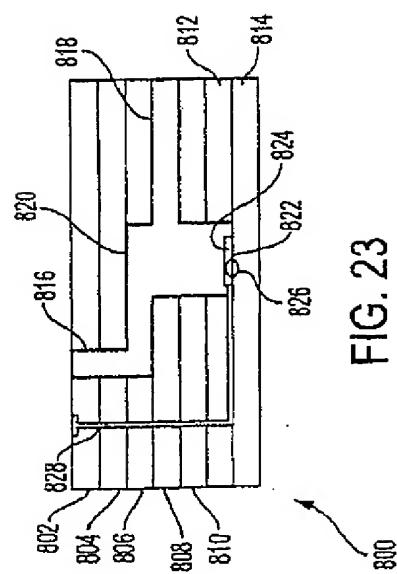


FIG. 23

【図24】

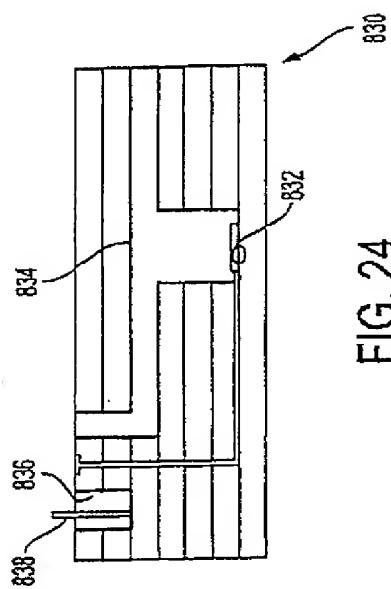


FIG. 24

【図25】

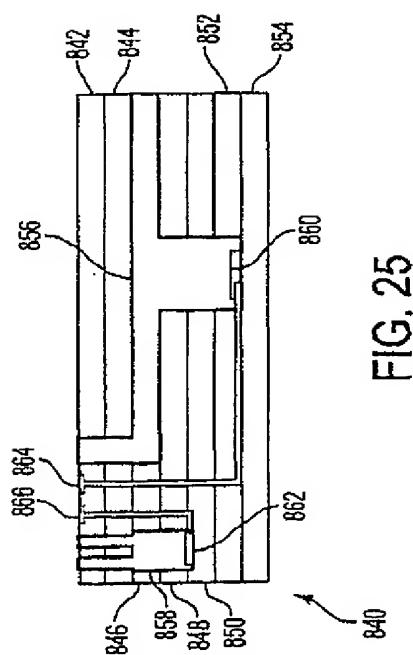


FIG. 25

【図26】

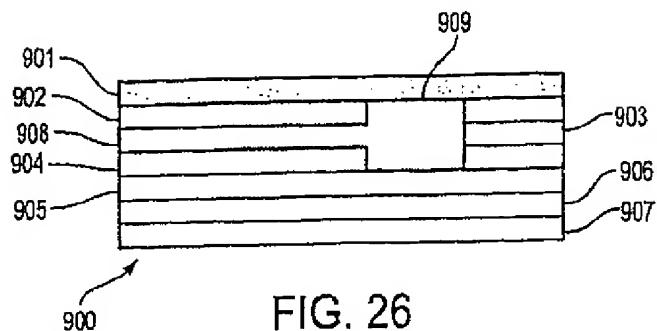


FIG. 26

【図27】

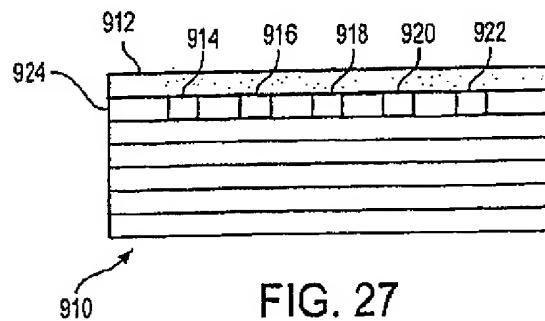


FIG. 27

【図28】

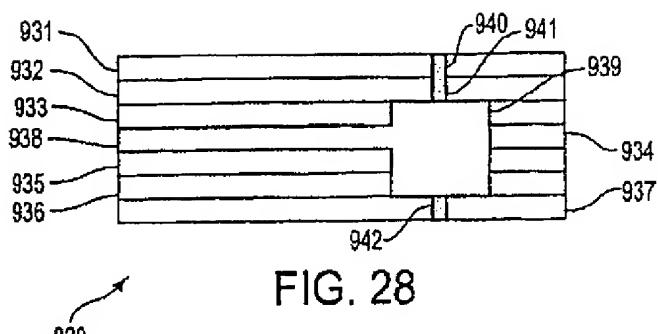


FIG. 28

【図29】

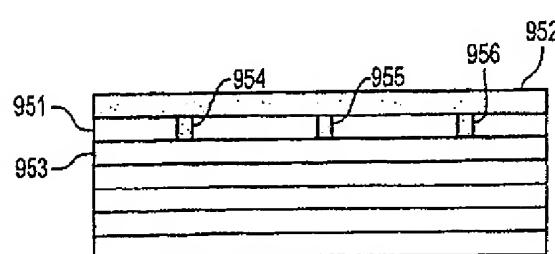


FIG. 29

【図30】

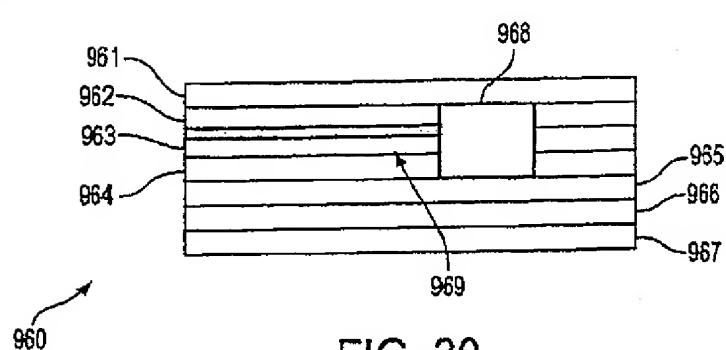


FIG. 30

【図31】

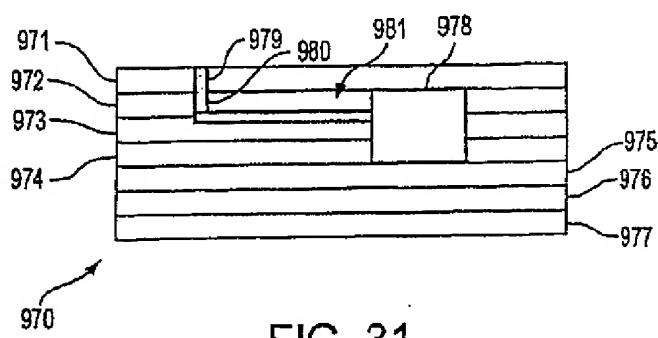


FIG. 31

【図32】

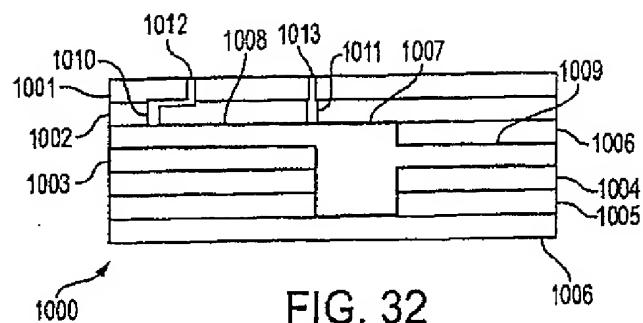


FIG. 32

【図33】

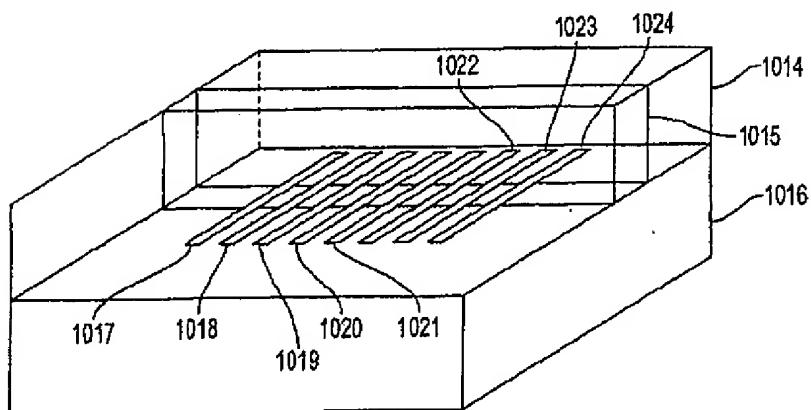


FIG. 33

【図34】

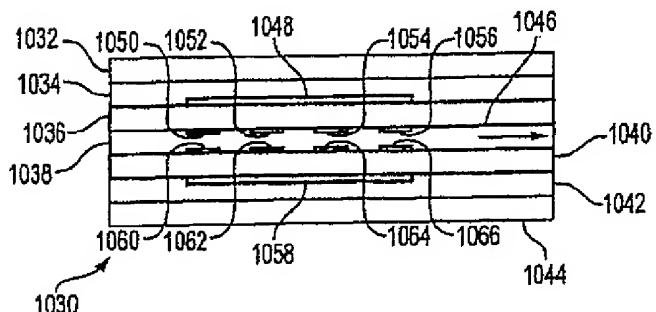


FIG. 34

【図35】

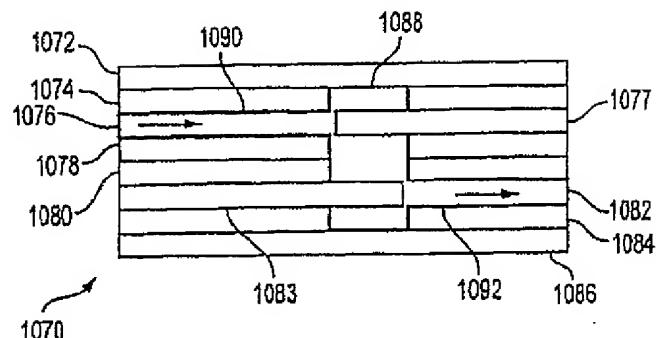


FIG. 35

【図36】

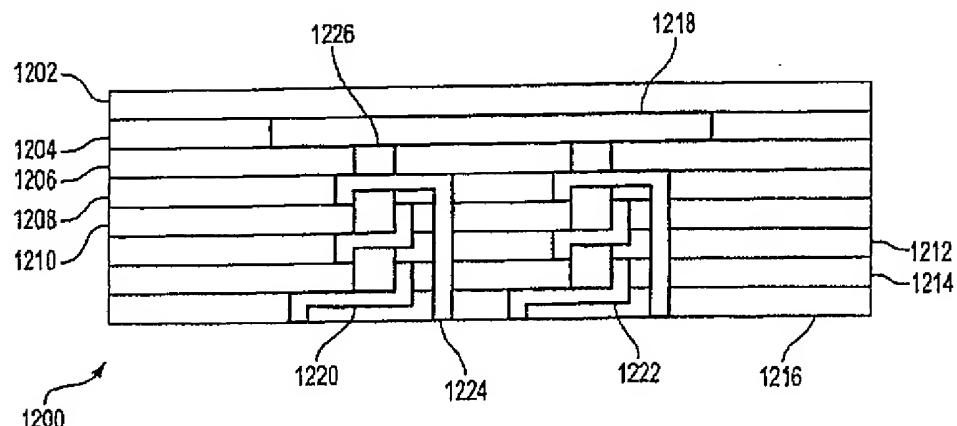


FIG. 36

【図37】

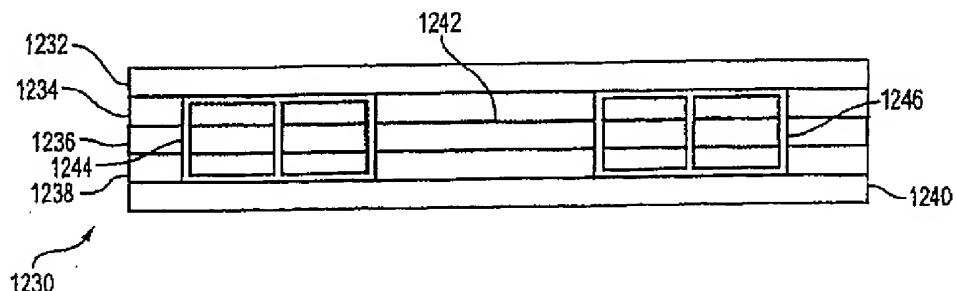


FIG. 37

【図38】

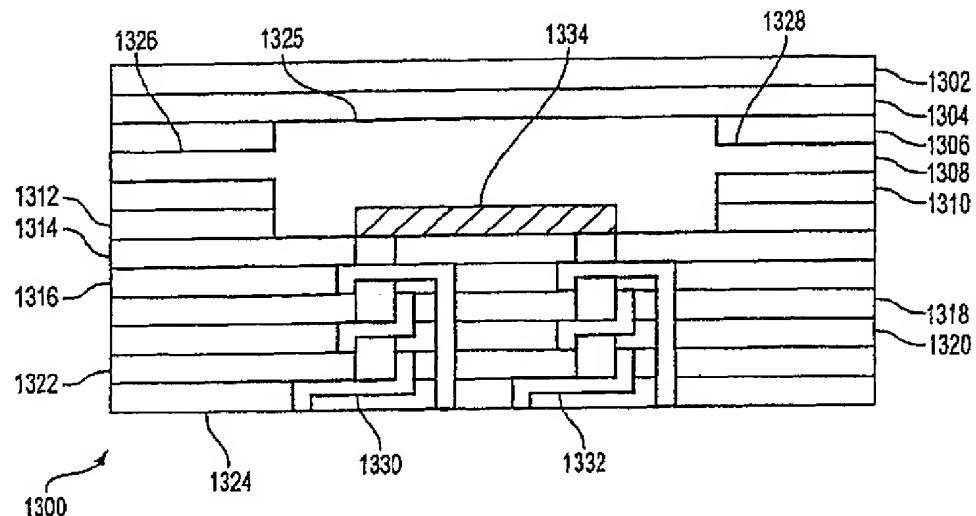


FIG. 38

【図39】

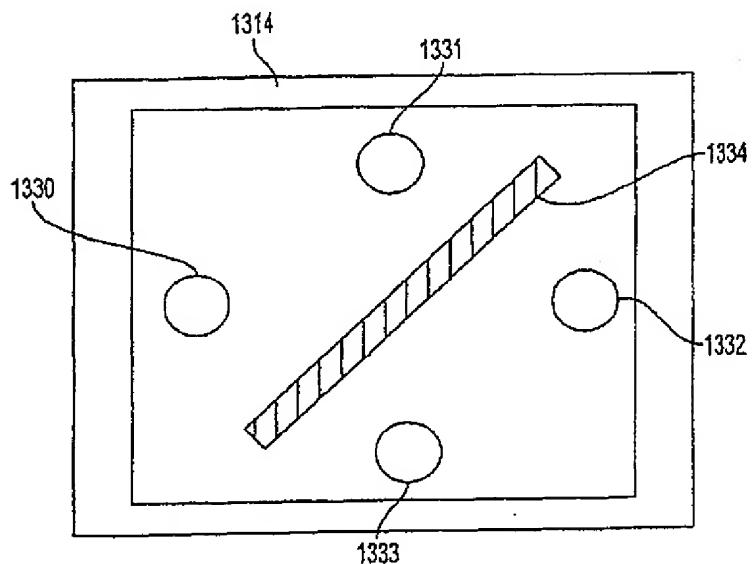


FIG. 39

【図40】

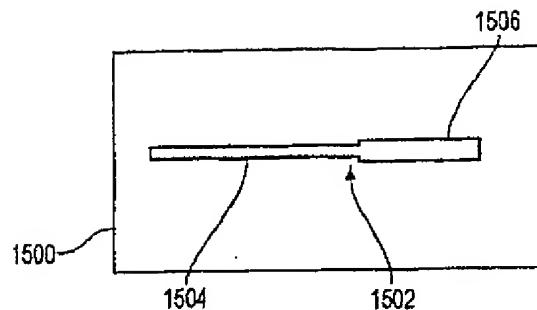


FIG. 40

【図41】

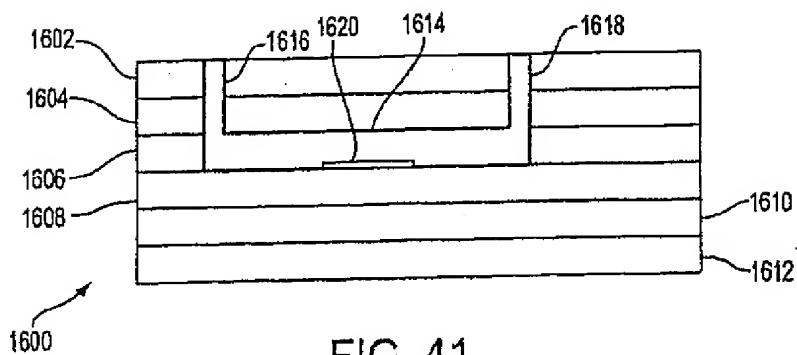


FIG. 41

【図42】

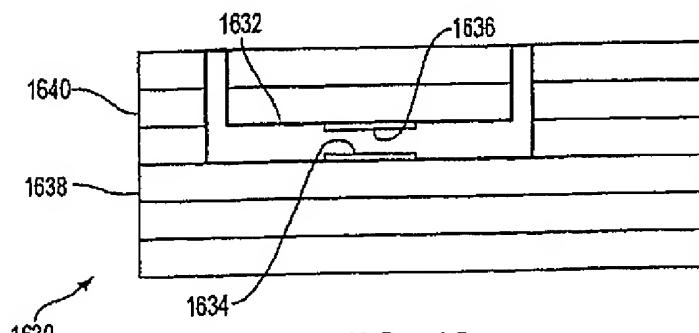


FIG. 42

【図43】

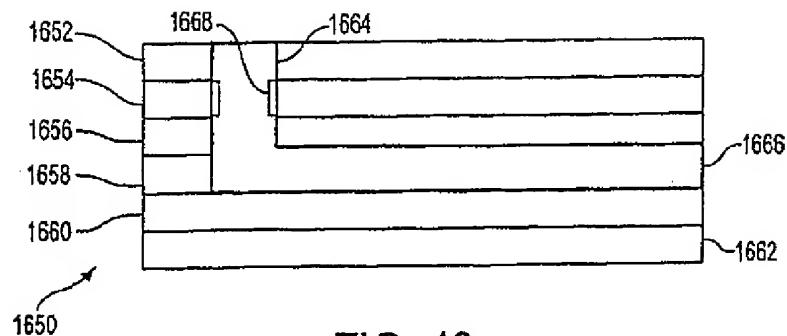


FIG. 43

【図44】

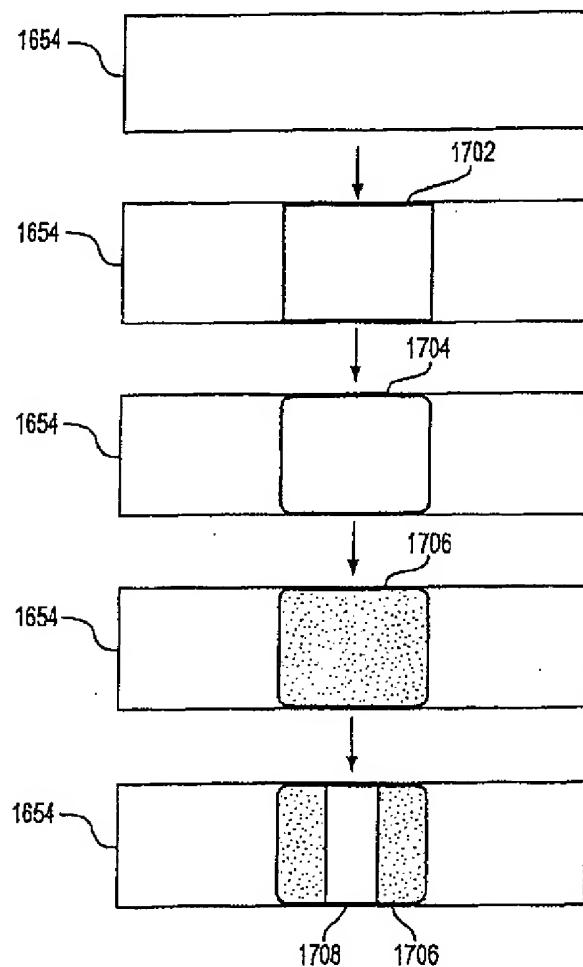


FIG. 44

【手続補正書】特許協力条約第34条補正の翻訳文提出書

【提出日】平成12年12月14日(2000.12.14)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】一緒に焼結される複数のグリーンシート層から形成される実質的な單一体構造を有し、前記グリーンシート層はセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子から成るグループから選択される粒子を含み、

前記実質的な單一体構造はその中に画定される流体通路を有し、前記流体通路は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび前記入口ポートと前記出口ポート間の相互接続を有し、および

前記実質的な單一体構造はその中に画定される電気伝導径路を有し、前記電気伝導径路は厚膜ペーストを前記グリーンシート層の少なくとも一つに焼結することによって形成される厚膜部分を含み、ここで前記厚膜部分の少なくとも一部は前記グリーンシート層の前記の少なくとも一つを通して伸長する、  
ことを特徴とする多層ミクロ流体デバイス。

【請求項2】前記電気伝導径路の前記厚膜部分は前記グリーンシート層の一つに焼結される伝導性経跡を含み、前記伝導性経跡は前記一つのグリーンシート層の表面上に所定のパターンで前記厚膜ペーストを堆積することによって形成される、

ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項3】前記電気伝導径路の前記厚膜部分は前記グリーンシート層の一つに焼結された導体充填貫通孔を含み、前記導体充填貫通孔は前記一つのグリーンシート層の貫通孔中に前記厚膜ペーストを充填することによって形成される、

ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項4】 前記電気伝導径路の少なくとも一部は前記流体通路の一部を加熱するヒーターを画定する、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項5】 前記ヒーターは前記流体通路の前記部分の周囲に捲かれたコイルを画定する、  
ことを特徴とする請求項4に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項6】 前記電気伝導径路の少なくとも一部は熱電素子を画定する、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項7】 前記流体通路の前記部分と前記デバイスの別の部分との間の熱交換を低減する熱絶縁手段をさらに有する、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項8】 前記熱絶縁手段は前記複数のグリーンシート層によって画定される空洞を含む、  
ことを特徴とする請求項7に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項9】 前記流体通路の前記部分への高い熱伝導径路を設ける手段をさらに有する、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項10】 前記流体通路の前記部分と熱を交換する熱交換器をさらに有し、前記熱交換器は前記複数のグリーンシート層によって画定される第二流体通路を含む、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項11】 前記流体通路に配置される不均一触媒をさらに有する、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項12】 前記不均一触媒は厚膜ペーストを前記グリーンシート層の少なくとも一つに焼結することによって形成される、  
ことを特徴とする請求項11に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項13】 前記電気伝導径路の少なくとも一部はコンデンサを画定する、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項14】 前記コンデンサは前記流体通路の一部を含み、それによつて前記コンデンサは前記流体通路の前記部分中の流体の誘電率および容積に実質的に依存する静電容量を有する、  
ことを特徴とする請求項13に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項15】 前記電気伝導径路は第一位置において前記流体通路と接触する第一リード、および第二位置において前記流体通路と接触する第二リードを含み、それによって前記第一と前記第二リード間の電気抵抗は前記第一位置と前記第二位置間の流体の伝導性および容積に実質的に依存する、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項16】 前記電気伝導径路の少なくとも一部はインダクタを画定する、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項17】 前記インダクタは前記流体通路の一部に近接しており、それによって前記インダクタは前記流体通路の前記部分中の流体の透磁率および容積に実質的に依存するインダクタンスを有する、  
ことを特徴とする請求項16に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項18】 前記インダクタは前記流体通路の前記部分の周囲に捲かれたコイルを画定する、  
ことを特徴とする請求項17に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項19】 前記電気伝導径路の少なくとも一部は温度センサーを画定する、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項20】 前記温度センサーは前記流体通路の一部に近接している、  
ことを特徴とする請求項19に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項21】 前記温度センサーは温度に実質的に依存する抵抗を有する素材を含み、それにより前記温度センサーは前記流体通路の前記部分中の流体の温度を感知する、  
ことを特徴とする請求項20に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項22】 前記流体通路に配置されたpHセンサーをさらに有し、前記

pHセンサーは前記電気伝導径路に接続される、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項23】 前記pHセンサーは前記グリーンシート層の一つに焼結された電極層および前記電極層に焼結されたガラス層を含む、  
ことを特徴とする請求項22に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項24】 前記電極層は金属粒子含有厚膜ペーストから形成され、前記ガラス層はガラス粒子含有厚膜ペーストから形成される、  
ことを特徴とする請求項23に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項25】 前記実質的な單一体構造は光学的透過性部分を含む、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項26】 前記光学的透過性部分は前記流体通路の一部への外部光学的アクセスを与える、  
ことを特徴とする請求項25に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項27】 前記光学的透過性部分は前記複数のグリーンシート層の少なくとも一つから形成され、前記複数のグリーンシート層の前記少なくとも一つはガラス粒子を含む、  
ことを特徴とする請求項25に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項28】 前記光学的透過性部分は前記グリーンシート層の一つに焼結されたガラス充填貫通孔を含み、前記ガラス充填貫通孔は前記一つのグリーンシート層の貫通孔にガラス粒子を含む厚膜ペーストを充填することにより形成される、  
ことを特徴とする請求項25に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項29】 前記光学的透過性部分は重合体充填貫通孔を含み、前記重合体充填貫通孔は前記グリーンシート層の一つ中の貫通孔に光学的透過性重合体に重合する素材を充填することにより形成される、  
ことを特徴とする請求項25に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項30】 前記光学的透過性部分は光ファイバーを含む、  
ことを特徴とする請求項25に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項31】 前記光学的透過性部分は前記グリーンシート層の一つの表

面に焼結された光学的透過性経跡を含み、前記光学的透過性経跡はガラス粒子を含む厚膜ペーストを、前記グリーンシート層の前記一つの前記表面上に堆積することによって形成される、

ことを特徴とする請求項 25 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 32】 前記流体通路の一部を通して流体をポンピングする手段をさらに有する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 33】 前記電気伝導径路の一部は前記流体通路の一部を通して流体をポンピングする電気浸透ポンプを画定する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 34】 前記電気浸透ポンプは第一位置において前記流体通路の前記部分と接触する第一電極、および第二位置において前記流体通路の前記部分と接触する第二電極を含む、

ことを特徴とする請求項 33 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 35】 前記電気伝導径路の一部は前記流体通路の一部を通して流体をポンピングする電気流体力学的ポンプを画定する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 36】 前記電気流体力学的ポンプは前記流体通路の前記部分と接触する実質的に均等間隔で配置された複数の電極を含む、

ことを特徴とする請求項 35 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 37】 前記流体通路の一部を通して流体をポンピングする圧電ポンプをさらに有し、前記圧電ポンプは前記流体通路と接触する少なくとも一つの圧電部材を含む、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 38】 前記圧電ポンプは前記流体通路と接触する一対の圧電部材を含み、前記一対の圧電部材は前記流体通路の前記部分を通して流体をポンピングする協調運動を展開する電極をその上に有する、

ことを特徴とする請求項 37 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 39】 前記協調運動は表面音波である、

ことを特徴とする請求項38に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項40】 前記協調運動は曲げ運動である、  
ことを特徴とする請求項38に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項41】 前記協調運動は縦方向の運動である、  
ことを特徴とする請求項38に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項42】 前記電気伝導経路の一部は磁界を前記流体通路の一部に導く電磁石を画定する、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項43】 前記電磁石は前記グリーンシート層の少なくとも一つに焼結されたコアをさらに有し、前記コアは高透磁率を有する素材から構成される、  
ことを特徴とする請求項42に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項44】 前記電磁石は前記流体通路の前記部分の周囲に捲かれたコイルを画定する、  
ことを特徴とする請求項42に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項45】 前記コイルは高透磁率を有する素材の周囲に捲かれ、前記素材は前記グリーンシート層も少なくとも一つに焼結される、  
ことを特徴とする請求項44に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項46】 前記流体通路は毛管停止部を含み、前記毛管停止部は低圧で流体の流れを実質的に阻止するが、高圧で流体を流れさせる、  
ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項47】 前記毛管停止部はチャンネルサイズの突然でかつ実質的な変化を有する、  
ことを特徴とする請求項46に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項48】 前記毛管停止部は前記流体通路内部に疎水性領域を有する  
ことを特徴とする請求項46に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項49】 前記疎水性領域は前記グリーンシート層の少なくとも一つに厚膜ペーストを焼結することによって形成される、  
ことを特徴とする請求項48に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項50】 前記厚膜ペーストは疎水性ガラスーセラミック素材の粒子を含む、

ことを特徴とする請求項49に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項51】 前記実質的な單一体構造は前記流体通路の少なくとも一部の壁を画定するガラスコーティングを含む、

ことを特徴とする請求項1に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項52】 前記ガラスコーティングは前記グリーンシート層の少なくとも一つに厚膜ペーストを焼結することにより形成され、前記厚膜ペーストはガラス粒子を含む、

ことを特徴とする請求項51に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項53】 前記グリーンシート層の少なくとも一つはガラスーセラミック粒子を含み、前記ガラスコーティングは、ガラスが前記の少なくとも一つのグリーンシート層の内部から前記少なくとも一つのグリーンシート層の表面へ駆動されるように、前記の少なくとも一つのグリーンシート層を焼結することによって形成される、

ことを特徴とする請求項51に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項54】 一緒に焼結される複数のグリーンシート層から形成されるとともに、前記グリーンシート層がセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子から成るグループから選択される粒子を含む実質的な單一体構造を備え、

前記実質的な單一体構造はその中に画定される流体通路を有し、前記流体通路は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび前記入口ポートと前記出口ポート間の相互接続を有し、

前記流体通路の一部の中の流体を感知する流体センサーをさらに備え、前記流体センサーは前記実質的な單一体構造と一体化されるように前記複数のグリーンシート層の少なくとも一つに焼結される、

ことを特徴とする多層ミクロ流体デバイス。

【請求項55】 前記流体センサーは静電容量センサーを含む、  
ことを特徴とする請求項54に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項56】 前記静電容量センサーは前記流体通路の前記部分の第一の側に第一伝導性プレートと、前記流体通路の前記部分の第二の側に第二伝導性プレートとを含み、前記第一伝導性プレートは第二伝導性プレートに対して実質的に平行であり、それによって前記静電容量センサーは前記流体通路の前記部分中の流体の誘電率および容積に実質的に依存する静電容量を有する、ことを特徴とする請求項55に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項57】 前記流体センサーは抵抗センサーを含む、ことを特徴とする請求項54に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項58】 前記抵抗センサーは第一位置において前記流体通路の前記部分と接触する第一リードと、第二位置において前記流体通路の前記部分と接触する第二リードとを含み、それによって前記抵抗センサーは前記第一と前記第二リード間の電気抵抗を有し、前記抵抗は前記第一位置と前記第二位置間の流体の伝導性および容積に実質的に依存する、ことを特徴とする請求項57に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項59】 前記流体センサーは誘導性センサーを含む、ことを特徴とする請求項54に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項60】 前記誘導性センサーは前記流体通路の前記部分の近傍にコイルを含み、それによって前記誘導性センサーは前記流体通路の前記部分中の流体の透磁率および容積に実質的に依存するインダクタンスを有する、ことを特徴とする請求項59に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項61】 前記誘導性センサーは前記流体通路の前記部分の周囲に捲かれたコイルを含む、ことを特徴とする請求項59に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項62】 前記流体センサーは温度センサーを含む、ことを特徴とする請求項54に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項63】 前記温度センサーは実質的に温度に依存する抵抗を有する素材を含み、それにより前記温度センサーは前記流体通路の前記部分の中の流体の温度を感知する、ことを特徴とする請求項62に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 6 4】 前記流体センサーは前記流体通路の前記部分に配置された pHセンサーを含む、  
ことを特徴とする請求項 5 4 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 6 5】 前記pHセンサーは前記グリーンシート層の一つに焼結された電極層および前記電極層に焼結されたガラス層を含む、  
ことを特徴とする請求項 6 4 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 6 6】 前記電極層は金属粒子含有厚膜ペーストから形成され、前記ガラス層はガラス粒子含有厚膜ペーストから形成される、  
ことを特徴とする請求項 6 5 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 6 7】 一緒に焼結される複数のグリーンシート層から形成される実質的な單一体構造を備え、前記グリーンシート層はセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子から成るグループから選択される粒子を含み、

前記実質的な單一体構造はその中に画定される流体通路を有し、前記流体通路は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび前記入口ポートと前記出口ポート間の相互接続を有し、

電気エネルギーを前記流体通路の一部の中の流体運動に変換する流体運動トランスジューサをさらに備え、  
前記流体運動トランスジューサは前記実質的な單一体構造と一体となるように前記複数のグリーンシート層の少なくとも一つに焼結される、  
ことを特徴とする多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 6 8】 前記流体運動トランスジューサは前記流体通路の前記部分に磁界を導く電磁石を含む、  
ことを特徴とする請求項 6 7 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 6 9】 前記電磁石は高透磁率を有する素材より構成されるコアを含む、  
ことを特徴とする請求項 6 8 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 7 0】 前記電磁石は前記流体通路の前記部分の周囲に捲かれたコイルを画定する、  
ことを特徴とする請求項 6 8 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 7 1】 前記流体運動トランスジューサは電気浸透ポンプを含む、ことを特徴とする請求項 6 7 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 7 2】 前記電気浸透ポンプは第一位置において前記流体通路の前記部分と接触する第一電極、および第二位置において前記流体通路の前記部分と接触する第二電極を含む、

ことを特徴とする請求項 7 1 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 7 3】 前記流体運動トランスジューサは電気流体力学的ポンプを含む、

ことを特徴とする請求項 6 7 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 7 4】 前記電気流体力学的ポンプは前記流体通路の前記部分と接触する実質的に均等間隔で配置された複数の電極を含む、

ことを特徴とする請求項 7 3 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 7 5】 前記流体運動トランスジューサは前記流体経路と接触する圧電部材を含む、

ことを特徴とする請求項 6 7 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 7 6】 前記流体運動トランスジューサは前記流体通路と接触する一対の圧電部材を含み、前記一対の圧電部材は前記流体通路の前記部分を通して流体をポンピングする協調運動を展開する電極をその上に有する、

ことを特徴とする請求項 7 5 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 7 7】 前記協調運動は表面音波である、

ことを特徴とする請求項 7 6 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび前記入口ポートと前記出口ポート間の相互接続を有し、

前記実質的な單一体構造は前記流体通路の一部への外部の光学的アクセスを与える光学的透過性部分を有する、

ことを特徴とする多層ミクロ流体デバイス。

**【請求項81】** 前記光学的透過性部分は前記複数のグリーンシート層の少なくとも一つから形成され、前記複数のグリーンシート層の前記の少なくとも一つはガラス粒子を含む、

ことを特徴とする請求項80に記載の多層ミクロ流体デバイス。

**【請求項82】** 前記光学的透過性部分は前記グリーンシート層の一つに焼結されたガラス充填貫通孔を含み、前記ガラス充填貫通孔は前記グリーンシート層の前記一つ中の貫通孔にガラス粒子を含む厚膜ペーストを充填することにより形成される、

ことを特徴とする請求項80に記載の多層ミクロ流体デバイス。

**【請求項83】** 前記光学的透過性部分は重合体充填貫通孔を含み、前記重合体充填貫通孔は前記グリーンシート層の前記一つ中の貫通孔に光学的透過性重合体に重合する素材を充填することにより形成される、

ことを特徴とする請求項80に記載の多層ミクロ流体デバイス。

**【請求項84】** 前記光学的透過性部分は光ファイバーを含む、  
ことを特徴とする請求項80に記載の多層ミクロ流体デバイス。

**【請求項85】** 前記光学的透過性部分は前記グリーンシート層の一つの表面に焼結された光学的透過性経跡を含み、前記光学的透過性経跡はガラス粒子を含む厚膜ペーストを前記グリーンシート層の前記一つの前記表面上に堆積することによって形成される、

ことを特徴とする請求項80に記載の多層ミクロ流体デバイス。

**【請求項86】** 一緒に焼結される複数のグリーンシート層から形成される実質的な單一体構造を有し、前記グリーンシート層はセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子から成るグループから選択される粒子を含み、前記実質的な單一体構造はその中に画定される流体通路を有し、前記流体通路

は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび前記入口ポートと前記出口ポート間の相互接続を有し、前記流体通路は細胞を保持する空洞を含み、

前記実質的な單一体構造は前記空洞中に細胞溶解手段を含む、  
ことを特徴とする多層ミクロ流体デバイス。

【請求項87】 前記細胞溶解手段は前記空洞中に溶解化学物質を導入する  
チャンネルを含み、前記溶解化学物質は前記空洞中で細胞を化学的に溶解できる  
ことを特徴とする請求項86に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項88】 前記細胞溶解手段は前記空洞を所定時間の間、所定温度に  
加熱する手段を含み、前記所定温度および所定時間は前記空洞中の細胞を溶解す  
るのに十分である、

ことを特徴とする請求項86に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項89】 前記細胞溶解手段は前記空洞に電界を印加する一対の相対  
する電極を含み、前記電界は前記空洞中の細胞を溶解するのに十分である、  
ことを特徴とする請求項86に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項90】 前記細胞溶解手段は前記空洞にマイクロ波エネルギーを印  
加する一対の相対する電極を含み、前記マイクロ波エネルギーは前記空洞中の細  
胞を溶解するのに十分である、

ことを特徴とする請求項86に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項91】 複数のグリーンシート層を第一所定パターンに織り込み、  
前記グリーンシート層はセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック  
粒子より成るグループから選択された粒子を含み、前記第一所定パターンは流体  
通路を画定し、

厚膜ペーストを第二所定パターンで前記グリーンシート層に塗布し、前記第二  
所定パターンは流体と相互作用する構成要素を画定し、

前記グリーンシート層を所定温度で所定量の時間だけ一緒に焼結して実質的な  
單一体構造を形成し、前記実質的な單一体構造はその中に画定される前記流体通  
路および流体と相互作用する構成要素を有する、

ことを特徴とする多層ミクロ流体デバイスを製作する方法。

【請求項 9 2】 前記流体と相互作用する構成要素はヒーターを含む、  
ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

【請求項 9 3】 前記流体と相互作用する構成要素は熱電素子を含む、  
ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

【請求項 9 4】 前記流体と相互作用する構成要素は前記流体通路中に配置  
された不均一触媒を含む、  
ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

【請求項 9 5】 前記流体と相互作用する構成要素は前記流体通路中の流体  
を感知する静電容量センサーを含む、  
ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

【請求項 9 6】 前記流体と相互作用する構成要素は前記流体通路中の流体  
を感知する抵抗センサーを含む、  
ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

【請求項 9 7】 前記流体と相互作用する構成要素は前記流体通路中の流体  
を感知する誘導性センサーを含む、  
ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

【請求項 9 8】 前記流体と相互作用する構成要素は温度センサーを含む、  
ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

【請求項 9 9】 前記流体と相互作用する構成要素は前記流体通路中に配置  
されたpHセンサーを含む、  
ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

【請求項 100】 前記流体と相互作用する構成要素は電気浸透ポンプを含  
む、  
ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

【請求項 101】 前記流体と相互作用する構成要素は電気流体力学的ポン  
プを含む、  
ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

【請求項 102】 前記流体と相互作用する構成要素は圧電部材を含む、  
ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

【請求項 103】 前記流体と相互作用する構成要素は電磁石を含む、  
ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

【請求項 104】 前記厚膜ペーストは金属の粒子を含む、  
ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

【請求項 105】 前記厚膜ペーストは熱電素材の粒子を含む、  
ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

【請求項 106】 前記厚膜ペーストはフェライト素材の粒子を含む、  
ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

【請求項 107】 前記厚膜ペーストは圧電素材の粒子を含む、  
ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

【請求項 108】 前記圧電素材はジルコン酸チタン酸鉛素材である、  
ことを特徴とする請求項 107 に記載の方法。

【請求項 109】 前記グリーンシート層の少なくとも一つはガラスーセラミック粒子を含み、前記焼結ステップは、前記少なくとも一つのグリーンシート層の上にガラスコーティングを形成するために、ガラスが前記少なくとも一つのグリーンシート層の内部から表面へ駆動されるように、前記少なくとも一つのグリーンシート層を焼結するステップを含む、  
ことを特徴とする請求項 9 1 に記載の方法。

【請求項 110】 一緒に焼結される複数のグリーンシート層から形成される実質的な單一体構造を備え、前記グリーンシート層はセラミック粒子、ガラス粒子およびガラスーセラミック粒子から成るグループから選択される粒子を含み、

前記実質的な單一体構造はその中に画定される流体通路を有し、前記流体通路は流体を受け入れる入口ポート、流体を放出する出口ポートおよび前記入口ポートと前記出口ポート間の相互接続を有し、

前記流体通路内部に配置された第一疎水性領域をさらに備え、前記第一疎水性領域は前記グリーンシート層の最初のものに焼結される、  
ことを特徴とする多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 111】 前記第一疎水性領域は前記グリーンシート層の前記最初のものに厚膜ペーストを焼結することにより形成される、  
ことを特徴とする請求項 110 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 112】 前記厚膜ペーストは疎水性ガラスセラミック素材の粒子を含む、  
ことを特徴とする請求項 111 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 113】 前記疎水性ガラスセラミック素材は主な結晶相として  $Mg_2 SiO_4 -MgF_2$  を含む、  
ことを特徴とする請求項 112 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 114】 前記第一疎水性領域に相対する関係で前記流体通路内部に配置された第二疎水性領域をさらに有し、前記第二疎水性領域は前記グリーンシート層の二番目のものに焼結される、  
ことを特徴とする請求項 110 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 115】 前記厚膜ペーストは前記グリーンシート層の前記最初のものに形成された貫通孔の中に焼結される、  
ことを特徴とする請求項 111 に記載の多層ミクロ流体デバイス。

【請求項 116】 少なくとも第一層および第二層を含み、かつ重合体接着剤を有する複数のグリーンシート層から多層構造を製造する方法であって、

前記第一層の第一表面に接着剤を塗布し、前記接着剤は前記重合体接着剤とは異なる接着剤重合体を含み、前記接着剤重合体は前記重合体接着剤より高い温度で分解し、

多層グリーンシート構造を形成するために前記複数のグリーンシート層を積み重ね、前記接着剤は前記第一層の前記第一表面と前記第二層の前記第二表面の間に入り、

所定の焼結温度を達成するために、所定時間に亘って前記多層グリーンシート構造を焼成し、それによって前記多層構造を形成する、  
ことを特徴とする方法。

【請求項 117】 前記接着剤重合体は前記重合体接着剤の半分解の温度よりも高い半分解の温度を有する、

ことを特徴とする請求項116に記載の方法。

【請求項118】 前記接着剤重合体は前記重合体結着剤の半分解の温度よりも25から100°C高い半分解の温度を有する、

ことを特徴とする請求項117に記載の方法。

【請求項119】 前記接着剤重合体は前記重合体結着剤の最大分解速度の温度よりも高い最大分解速度の温度を有する、

ことを特徴とする請求項116に記載の方法。

【請求項120】 前記接着剤重合体は前記重合体結着剤の最大分解速度の温度よりも25から100°C高い最大分解速度の温度を有する、

ことを特徴とする請求項119に記載の方法。

【請求項121】 前記重合体結着剤は開放によって広く熱分解を受け、前記接着剤重合体はランダム切断によって広く熱分解を受ける、

ことを特徴とする請求項116に記載の方法。

【請求項122】 前記接着剤重合体はエチレン主鎖グループを有する重合体を含む、

ことを特徴とする請求項116に記載の方法。

【請求項123】 前記接着剤重合体はビニールアセテートーエチレンおよびエチレン-ビニルアクリル共重合体より成るグループから選択される重合体を含む、

ことを特徴とする請求項116に記載の方法。

【請求項124】 前記重合体結着剤はアクリル重合体およびアクリル共重合体より成るグループから選択される重合体を含む、

ことを特徴とする請求項116に記載の方法。

#### 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0073

【補正方法】変更

【補正内容】

【0073】

ヒーターがヒーター102のように平面であるか、コイル202と252のようにコイル状であるかのいずれにせよ、ヒーターとして要素が効率的に動作するよう、それはそれに繋がる電気伝導経路のそれよりも遙かに高い抵抗を有すべきである。ヒーターを構成する導体は直径約5ミルから8ミル(0.127から0.2032ミリメータ)であることが好ましく、一方ヒーターに繋がる導体は約20から30ミル(0.508から0.762ミリメータ)幅であることが好ましい。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0154

【補正方法】変更

【補正内容】

【0154】

毛管停止部として作用できる最も簡単な構造の一つは、チャンネルサイズの突然かつ実質的な変化を有する不連続部である。この種の不連続部は、しばしば毛管急変と呼ばれる。その層が毛管急変1502を含む多層ミクロ流体デバイスの一部における層1500が、図40に示されている。詳細には毛管急変1502は、狭いチャンネル1504が広いチャンネル1506につながる所の不連続部である。例えば、狭いチャンネル1504は5ミル(0.127ミリメータ)幅であり、広いチャンネルは15ミル(0.381ミリメータ)幅であってもよい。

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

		Int'l Application No PCT/US 99/23324
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 B01J19/00 F04B19/00 B32B18/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 B01J B01L F04B B32B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	EP 0 870 541 A (EASTMAN KODAK CO) 14 October 1998 (1998-10-14)	1-5, 7-9, 16-21, 25, 26, 30, 42, 44, 54, 55, 59-63, 67, 79, 80, 84, 91, 92, 95, 97, 98, 103, 104 86, 110, 116
A	claims; figures column 3, line 56 -column 7, line 43 ----- -/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
* Special categories of cited documents:		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		
"E" earlier document but published on or after the International filing date		
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)		
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
"P" document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed		
'T' later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention		
'X' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone		
'Y' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art		
'A' document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the International search  4 February 2000		Date of mailing of the International search report  11/02/2000
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. 5818 Patentlan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl Fax (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Rosenberger, J

## **INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Int'l. Patent Application No.  
PCT/US 99/23324

C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 649 008 A (NGK INSULATORS LTD) 19 April 1995 (1995-04-19)	1,2,7,8, 13,32, 37,67, 75,91, 102,104, 107,108 38,40, 54,76, 78,80, 86,110, 116
A	page 7, line 19 -page 8, line 17 figures 4,5 ---	
A	EP 0 744 389 A (NGK INSULATORS LTD) 27 November 1996 (1996-11-27)	1,54,67, 80,86, 91,110, 116
A	abstract column 7, line 22 - line 35 column 8, line 10 -column 9, line 18 ---	
A	US 5 089 071 A (TOMINAGA TAKASHI ET AL) 18 February 1992 (1992-02-18)	1,54,67, 80,86, 91,110, 116,124
	claims; examples ---	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int'l. Search Report No.	PCT/US 99/23324
--------------------------	-----------------

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 0870541 A	14-10-1998	US 5993750 A JP 11005029 A		30-11-1999 12-01-1999
EP 0649008 A	19-04-1995	JP 7162048 A DE 69410918 D DE 69410918 T US 5517076 A US 5733670 A		23-06-1995 16-07-1998 17-12-1995 14-05-1996 31-03-1998
EP 0744389 A	27-11-1996	JP 8325053 A DE 69601595 D DE 69601595 T US 5908682 A		10-12-1996 08-04-1999 29-07-1999 01-06-1999
US 5089071 A	18-02-1992	NONE		

## フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>1</sup>	識別記号	F I	マーク(参考)
G 0 1 N 35/08		G 0 1 N 37/00	1 0 1
37/00	1 0 1	B 2 8 B 11/00	Z
(31) 優先権主張番号	0 9 / 3 3 7 , 0 8 6		
(32) 優先日	平成11年6月21日(1999. 6. 21)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		
(81) 指定国	E P (A T, B E, C H, C Y, D E, D K, E S, F I, F R, G B, G R, I E, I T, L U, M C, N L, P T, S E), O A (B F, B J , C F, C G, C I, C M, G A, G N, G W, M L, M R, N E, S N, T D, T G), A P (G H, G M, K E, L S, M W, S D, S L, S Z, T Z, U G, Z W , E A (A M, A Z, B Y, K G, K Z, M D, R U, T J, T M), A E, A L, A M, A T, A U, A Z, B A, B B, B G, B R, B Y, C A, C H, C N, C R, C U, C Z, D E, D K, E E, E S, F I, G B , G D, G E, G H, G M, H R, H U, I D, I L, I N, I S, J P, K E, K G, K P, K R, K Z, L C, L K, L R, L S, L T, L U, L V, M D, M G , M K, M N, M W, M X, N O, N Z, P L, P T, R O, R U, S D, S E, S G, S I, S K, S L, T J, T M, T R, T T, T Z, U A, U G, U Z, V N , Y U, Z A, Z W		
(72) 発明者	ロンーフォン・ファン アメリカ合衆国87122ニューメキシコ州ア ルバカーキ、アール・シー・ゴーマン・ア ベニュー7717番		
(72) 発明者	デイビッド・ウイルコックス アメリカ合衆国87122ニューメキシコ州ア ルバカーキ、ビッグ・ホーン・リッジ・ロ ード308番		
(72) 発明者	ニコラス・ジェイ・ナクレリオ アメリカ合衆国60010イリノイ州バーリン トン、ノース・パレー・ロード415番		
(72) 発明者	シンシア・アン・ゴーサッチ・ブリスコウ アメリカ合衆国85284アリゾナ州テンピ、 ウェスト・ブエナ・ビスタ・ドライブ62番		
(72) 発明者	ピョートル・グロジンスキ アメリカ合衆国85224アリゾナ州チャンド ラー、エリス・ストリート2658番		
(72) 発明者	フイナン・ユ アメリカ合衆国85226アリゾナ州チャンド ラー、ウェスト・パーク・アベニュー5760 番		

(72) 発明者 ロバート・マレロ  
 アメリカ合衆国85226アリゾナ州チャンド  
 ラー、ウエスト・ウィンドミルズ・ブル  
 バード3939番、アパートメント・ナンバー  
 1605

(72) 発明者 ショーン・ロス・ギャラガー  
 アメリカ合衆国85259アリゾナ州スコット  
 デイル、ノース・ワンハンドレッドナイン  
 ス・プレイス9053番

(72) 発明者 ユックートン・チャン  
 アメリカ合衆国85259アリゾナ州スコット  
 デイル、イースト・シャングリーラロー  
 ド13030番

(72) 発明者 パーバラ・マクニール・フォーリー  
 アメリカ合衆国85046アリゾナ州フェニッ  
 クス、サウス・フォックスティル・レイン  
 14842番

(72) 発明者 シュンフ・ダイ  
 アメリカ合衆国87109ニューメキシコ州ア  
 ルバカーキ、ノース・イースト、パロマ  
 ズ・アベニュー9220番

F ターム(参考) 2G058 DA07 GA12  
 4B029 AA08 AA15 BB01 CC01 GA08  
 GB09 GB10  
 4G055 AA08 AC01 AC09 BA14  
 4G069 AA08 AA11 BA13A BA14A  
 BB02A BC71A BC72A BC75A  
 DA05 EA11 EB04 EC28 EE03  
 EE04 EE06 FA01 FB23 FB33  
 4G075 AA23 AA30 AA45 AA56 AA65  
 BA05 BB05 BB10 CA02 CA03  
 CA05 CA13 CA23 CA26 CA42  
 CA54 CA65 CA66 DA02 DA18  
 EA02 EA07 EB32 EB46 EC21  
 EC23 EE07 EE12 EE23 EE31  
 EE36 FA01 FA12 FA14 FB01  
 FB02 FB04 FB06 FB12 FC04  
 FC06 FC11 FC15